

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Proyecto de investigación previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

“Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca
amazónica (*Manihot esculenta*)”

AUTOR/A

CARMEN LIZBETH MINA YANQUI

DIRECTORES

M.Sc. PAÚL MARCELO MANOBANDA PINTO

M.Sc. HERNÁN PATRICIO RUIZ MÁRMOL

PASTAZA – ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Carmen Lizbeth Mina Yanqui, con C.I: 2200378863, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación bajo el tema: “**Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*)**”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Carmen Lizbeth Mina Yanqui

220037886-3

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Paúl Marcelo Manobanda Pinto, con C.I: 180322949-9 y Hernán Patricio Ruiz Mármol, con C.I: 0602854143 certificamos que la egresada Carmen Lizbeth Mina Yanqui, realizo el Proyecto de Investigación titulado: **Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*)**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial bajo nuestra supervisión

M.Sc. Paúl Manobanda

M.Sc. Hernán Ruiz

DIRECTORES DEL PROYECTO

INFORME DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: “**Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca amazónica (*manihot esculenta*)**”

Autor (a): Carmen Lizbeth Mina Yanqui

Unidad de Titulación: Carrera Ingeniería Agroindustrial

Director del proyecto: M.Sc Paúl Manobanda, M.Sc Patricio Ruiz

Fecha: 02 de enero de 2019

Introducción y contexto de la investigación:

En el mundo el cultivo de yuca se extiende a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, tomando en cuenta que sus raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteína, la yuca es una fuente de alimentación para 500 millones de personas. (Dalglish et al., 2007).

Cumplimiento de objetivos

Los objetivos propuestos en la investigación se cumplieron satisfactoriamente. Así:

En este estudio, se determinó el tiempo de sedimentación y se realizó la extracción del almidón de yuca de tres variedades: blanca, amarilla y morada a nivel de laboratorio, obteniendo como resultados un rendimiento de 6,6%, 9,5% y 6,6% respectivamente, con respecto a diferentes fuentes bibliográficas (aproximadamente 30%). Siendo el clima, el tiempo de cosecha y la variedad de yuca, factores que influyen directamente en el contenido de almidón.

Principales resultados obtenidos

La tecnología con mejor rendimiento del proceso de extracción fue por vía húmeda, siendo seleccionada por su rendimiento y madurez tecnológica. Esta última por la implementación de este proceso en varias plantas procesadoras. Desde un punto de vista ambiental, la tecnología por vía seca fue la seleccionada debido a que, genera menos residuos en comparación con las otras tecnologías propuestas.

La estudiante Mina Yanqui Carmen Lizbeth, ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, tablas y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,

Paul Manobanda Pinto

C.I. 1803229499

Patricio Ruiz Mármol

CI. 0602854143

AVAL

Quien suscribe M.Sc Paúl Manobanda, Docente de la Universidad Estatal Amazónica avala el Proyecto de investigación:

Título: “Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*)”

Autor (a): Mina Yanqui Carmen Lizbeth

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera Ingeniera Agroindustrial como forma de titulación como Ingeniera en Agroindustrial, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 28 días del mes de enero de 2019.

Atentamente,

M.Sc Paúl Manobanda
180322949-9

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: “**Diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*)**” fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal

Dr. Amaury Pérez P.hD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MSc. Franklin Villafuerte
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. Santiago Aguiar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta aquí por darme sabiduría y saberme guiar en mis momentos más difíciles.

En segundo lugar, quiero agradecer a las personas que más amo en estén mundo aquellas que me dieron la vida su apoyo incondicional tanto económico y emocionalmente:

A mi padre Luis Mina, el amor de toda mi vida, al hombre ejemplar que no tengo como agradecerle lo mucho que ha hecho por mí, quien ha dado todo de sí, para sacar adelante a su familia superando cada obstáculo, muchas gracias por ser mi fortaleza, mi apoyo, mis ganas de salir adelante, de mejorar cada día, gracias por brindarme su amor y comprensión, y por ser quien al final de cerrar este ciclo será el más orgullo porque este triunfo se lo debo a usted.

A mi madre Rosa Yanqui, La mujer que más admiro quien durante toda su vida se ha dedicado a cuidar de mí, y de sus hijos, la mujer que nunca me ah desamparado durante toda la etapa de mis estudios, aquella que siempre está ahí cuando más la necesito y siempre brindándome su apoyo incondicional sin nada a cambio.

A mis hermanos, Leydi, Lily, Jenny, Mishell, Brando, y a mi amor chiquito Iker por ese cariño y apoyo en cada instante a pesar de la distancia y a todos los que son parte de mi familia, primos, tías, tíos, abuelos, y a mis amigos de corazón gracias porque en ningún momento dudaron de mi capacidad para llegar hasta donde estoy ahora.

A mi tutor Inge. Paúl Manobanda y Profesores, a quienes durante toda mi formación académica estuvieron guiándome y compartiéndome sus conocimientos, gracias a su paciencia y sus enseñanzas.

A mis compañeros de 5 años, Aykel, Gonzalo Morelia, Robinson, Jhon, Denisse, Valeria gracias por compartir todos esos momentos únicos de aprendizaje y alegría esos momentos que se llevan para toda la vida, ya que siendo un grupo tan pequeño lo hemos logrado.

Por ultimo agradecer algunas personas especiales que formaron parte de mi vida y de este logro que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Dios les pague.

DEDICATORIA

A mi Dios que a pesar que le eh fallado su amor y su bondad no tienen fin, nunca me ha dejado desamparada y hoy me permites sonreír ante este logro lo cual es resultado de tu ayuda.

Este proyecto está especialmente dedicado a mis padres quienes son mi pilar fundamental en mi vida sin ellos nunca jamás hubiera podido llegar donde ahora estoy, por su lucha y constancia que han hecho y por el gran ejemplo que nos han inculcado a luchar por nuestros objetivos no solo para mí sino para mis hermanos. Los amo con toda mi vida.

A mis hermanos, familiares y amigos quienes me han animado en este largo camino por depositar toda su confianza en mí, para lograr esta meta tan anhelada.

A mis tutores, Inge. Paul Monabanda quien a lo largo del desarrollo de este proyecto siempre estuvo ahí apoyándome académicamente y dándome consejos y trabajando conjuntamente para llevar a cabo este trabajo con éxito, Inge. Patricio Ruiz, mi eterno agradecimiento a mis tutores.

Este logro es para todos ustedes

Con mucho amor y cariño

Carmen

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta*) es un arbusto perenne de la familia de las euforbiáceas, donde su raíz constituye una alta fuente de carbohidratos almacenados en forma de almidón, el cual es utilizado en la preparación de productos alimenticios a escala industrial. La provincia de Pastaza tiene una producción de yuca de 20 toneladas de hectáreas anuales, un producto de gran importancia con valor económico. En este estudio, se determinó el tiempo de sedimentación y se realizó la extracción del almidón de yuca de tres variedades: blanca, amarilla y morada a nivel de laboratorio, obteniendo como resultados un rendimiento de 6,6%, 9,5% y 6,6% respectivamente, con respecto a diferentes fuentes bibliográficas (aproximadamente 30%). Siendo el clima, el tiempo de cosecha y la variedad de yuca, factores que influyen directamente en el contenido de almidón. Asimismo, se evaluó varias alternativas tecnológicas para la producción de almidón de yuca, y de esta forma obtener un diseño conceptual para seleccionar el mejor proceso productivo con la descripción de los equipos necesarios. Además, constituya una recopilación de conocimientos en el área de producción de almidón de yuca que pueda ser aplicable a los pequeños productores de este producto. La tecnología con mejor rendimiento del proceso de extracción fue por vía húmeda, siendo seleccionada por su rendimiento y madurez tecnológica. Esta última por la implementación de este proceso en varias plantas procesadoras. Desde un punto de vista ambiental, la tecnología por vía seca fue la seleccionada debido a que, genera menos residuos en comparación con las otras tecnologías propuestas.

Palabras claves: diseño conceptual, almidón de yuca, tecnologías.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta*) is a perennial shrub of the euphorbiaceae family, where its root constitutes a high source of stored carbohydrates in the form of starch, which is used in the preparation of food products on an industrial scale. The province of Pastaza has a cassava production of 20 tons of hectares per year, a product of great importance with economic value. In this study, it was determined settling time and extraction of cassava starch three varieties was performed: white, yellow and purple laboratory level or obtaining as a result a yield of 6.6%, 9.5% and 6.6% respectively, with respect to different bibliographic sources (approximately 30%). Being the climate, the time of harvest and the variety of cassava, factors that directly influence the starch content. In addition, several technology for the production of cassava starch was evaluated alternatives, and thus obtain a conceptual design to select the best production process with description of the necessary equipment. In addition, constitute a gathering knowledge in the area of production of starch cassava that can be applicable to small producers of this product. The technology with the best performance of the extraction process was wet, being selected for its performance and technological maturity. The latter due to the implementation of this process in several processing plants. From an environmental point of view, dry technology was selected because it generates less waste compared to other proposed technologies.

Key words: Conceptual design, cassava starch, technologies.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	2
1.1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVO GENERAL	3
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO II.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. DISEÑO CONCEPTUAL.....	5
2.2.2. MÉTODO DE SÍNTESIS JERÁRQUICA	6
2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE YUCA.....	7
2.2.4. VARIEDADES DE LA YUCA	8
2.2.5. COSECHA DE LA YUCA	9
2.2.6. ALMIDÓN DE YUCA	9
2.2.7. TIPOS DE ALMIDONES	10
2.2.7.1. ALMIDONES MODIFICADOS.....	10
2.2.7.2. ALMIDONES NATIVOS	11
2.2.8. USO INDUSTRIAL DEL ALMIDÓN DE YUCA	11
2.2.9. PROCESOS TECNOLÓGICOS DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA 12	
2.2.9.1. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA HÚMEDA.....	12
2.2.9.2. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA HÚMEDA.....	16
2.2.9.3. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA SECA.....	20
2.2.9.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN VÍA SECA (A BASE DE LABORATORIO)	22
2.2.9.5. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA (NATIVO)	23

2.2.9.6. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO.	26
CAPITULO III	29
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1. LOCALIZACIÓN.....	29
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	29
3.3.1. TRABAJO DE CAMPO	29
3.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	29
3.4. TRABAJO DE LABORATORIO	30
3.4.1. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA A NIVEL DE LABORATORIO	30
3.4.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A NIVEL DE LABORATORIO.	31
3.5. TRABAJO DE DISEÑO	32
3.6. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA.	32
CAPÍTULO IV	35
4. RESULTADOS	35
4.1. PORCENTAJE DE ALMIDÓN EXTRACCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.....	35
4.2. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS	35
4.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SIEMBRA DE YUCA POR TECNOLOGÍA.	39
4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN.	39
4.5. COSTOS DE ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ALMIDÓN (FAO).....	39
CAPÍTULO V	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. CONCLUSIONES.....	40
5.2. RECOMENDACIONES	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto de diseño integrado	6
Figura 2. Estructura de niveles en el esquema de síntesis jerárquica.....	7
Figura 3. Planta de yuca	8
Figura 4. Diagrama de flujo de extracción de almidón vía humedad.....	12
Figura 5. Lavadora / Peladora (tambor) cilíndrica de semieje para carga lateral	16
Figura 6. Rallador tradicional de raíces de yuca	17
Figura 7. Coladora mecánica discontinua de cilindro y semieje	18
Figura 8. Sistema de canales de sedimentación	18
Figura 9. Tanque de fermentación.....	19
Figura 10. Diagrama de flujo de obtención de almidón vía seca	20
Figura 11. Diagrama de flujo de obtención de almidón nativo	23
Figura 12. Diagrama de flujo de extracción de almidón de yuca.....	31
Figura 13. Diagrama Heurístico	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del almidón de yuca	10
Tabla 2. Tipos de almidones	10
Tabla 3 Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón vía húmeda.	13
Tabla 4. Especificaciones de lavadora/ peladora de raíces.....	17
Tabla 5. Especificaciones del rallador.....	17
Tabla 6. Especificaciones de la coladora.....	18
Tabla 7. Especificaciones de tanques de sedimentación.	18
Tabla 8. Especificaciones de tanques de fermentación.	19
Tabla 9. Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón por vía seca.....	21
Tabla 10. Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón método tradicional.....	24
Tabla 11. Especificaciones de lavadora/ peladora de raíces.....	27
Tabla 12. Especificaciones de rallo de raíces.....	27
Tabla 13. Especificaciones de coladora mecánica.	28
Tabla 14. Especificaciones de tanques de sedimentación.	28
Tabla 15. Tiempo de sedimentación del almidón y pesos iniciales y finales.....	31
Tabla 16. Rendimiento de almidón de yuca de tres lotes de yuca diferentes.....	32
Tabla 17. Matriz comparativa de procesos tecnológicos propuestos	36
Tabla 18. Matriz de residuos generados por cada operación en el proceso de extracción de almidón de yuca	37
Tabla 19. Propiedades físico - químicas del almidón extraído por vía seca y vía húmeda	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Costos de producción de siembra de yuca industrial.....	43
Anexo 2 Costos de producción de siembra de yuca para consumo humano o dulce	44
Anexo 3 Costos de equipos generales utilizados en la producción de almidón de forma industrial.	45
Anexo 4 Inversión de capital total estimada para el establecimiento de una fábrica de almidón	45
Anexo 5 Costos de requisitos estimados de trabajo, salarios de una fábrica de almidón.....	46
Anexo 6 Costo operativo estimado y capital de producción	47
Anexo 7 Rentabilidad estimada de una fábrica de producción de almidón	48

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo el cultivo de yuca se extiende a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, tomando en cuenta que sus raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteína, la yuca es una fuente de alimentación para 500 millones de personas. (Dalglish et al., 2007).

La producción de yuca es considerada uno de los cultivos económicos más importantes, abasteciendo el 67% del mercado global. La industrialización del procesamiento de la yuca se extiende desde la elaboración de almidón siendo un producto primario con alto valor agregado, y otros productos como alcohol, fibra, así como, la utilización para la alimentación animal entre otros. La aplicación de los derivados del almidón se extiende en diferentes industrias incluyendo edulcorantes, glutamato monosódico y producción de etanol. (Investment, 2017)

Según Ordoñez (2010) la producción mundial de la yuca se centra principalmente en Nigeria y Sudáfrica, estimándose aproximadamente en 100 millones de toneladas de raíz al año, que corresponde al 50% de la producción mundial total. Tailandia es el primer país productor de almidón modificado a nivel mundial, así como la producción de biocombustible convirtiéndose líderes en este rubro. En América latina y la región del caribe, se produce el 20% de almidones modificados e hidrolizados. Actualmente en el Ecuador alrededor del 80% de almidón es producido en la provincia de Manabí, el cual, es vendido a Colombia, y una pequeña parte se comercializa a nivel nacional, así como, en almacenes agroindustriales de las ciudades de: Quito, Guayaquil, Cuenca y empresas agrícolas.

Según Dimian (2017) el desarrollo de un proyecto de diseño de procesos se puede descomponer en cuatro fases principales: requisitos, diseño conceptual, diseño básico e ingeniería detallada. Constituyendo, el diseño conceptual en un subsistema de reacción, separación, niveles de seguridad, peligros ambientales y la evaluación económica preliminar, flujo de materiales y el balance de energía.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

1.1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La provincia de Pastaza existe una producción de yuca, de lo cual los productores por falta de conocimiento sobre procesos técnicos e industrialización de materias primas de origen vegetal no dan valor agregado a la yuca, lo cual podría convertirse en la materia prima básica de una variedad de productos.

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

La yuca (*Manihot esculenta*), es un cultivo originario de América Latina y el Caribe, siendo uno de los principales cultivos más extendidos en el mundo, aunque en términos de comercialización es muy reducida a escala mundial, básicamente es un producto de origen vegetal dedicado al autoconsumo en los diferentes países productores en su totalidad a países del tercer mundo. (Cartay, 2004)

En el año 2013 el cultivo de yuca se consolidó a nivel mundial como el octavo producto con una producción total de 276.762.058 toneladas, constituyéndose un componente básico en la dieta de más de mil millones de personas, lo cual tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria siendo el cuarto producto básico más importante después del: arroz, trigo y maíz. (Salcedo Mendoza, Figueroa Flórez, & Hernandez Ramos, 2017)

En cuanto al comercio mundial del almidón en los años 2000-2008, se registraron 1,5 millones de toneladas anuales con una tasa de crecimiento de un 5,5% de promedio anual. Los cinco principales países con mayor volumen de importaciones fueron: China, Indonesia, Japón, Malasia y Hong Kong. (Aguilera, 2012)

En Ecuador la yuca es un cultivo tradicional, antes de la conquista de América los indígenas la utilizaban para consumo fresco y para la elaboración de almidones (tapioca), otros subproductos como harina, pan, sémola y la chicha bebida alcohólica tradicional entre los habitantes de la amazonia. (Muñoz, Hinojosa, & Mendoza, 2017)

En cuanto a la productividad en el Ecuador ha aumentado a lo largo de los años 2003-2006, con una tasa de crecimiento de un 5,4%, en el cultivo de la yuca la región costa ha sobresalido con el 56% de área sembrada en el país. Mientras que en zonas bajas de la región de la sierra se ubicó el 32%; en la región oriental el 11%; y 1% en Galápagos. En el país, la provincia de Manabí constituye la más importante en cuanto a la superficie de cultivo de yuca de 7.644 ha (34% del total nacional). (Scott & International Potato Center., 1992)

Según datos del MAGAP (2018) de la provincia de Pastaza, la producción de yuca en toda la provincia se registra 20 toneladas de hectáreas anuales. La yuca en la provincia es considerada como un producto alimenticio de autoconsumo en las comunidades aledañas, la cual, es comercializada en diferentes ferias y mercados de la ciudad del Puyo, siendo una fuente de ingreso económico para los pequeños productores. Más, no se identifican emprendimiento alguno de procesamiento de yuca para agregación de valor a este importante producto, por ello, se pretende desarrollar un diseño conceptual para la producción de almidón de yuca.

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La falta de industrialización de productos con valor agregado a partir de la yuca, es el punto de partida para este proyecto de investigación, por ello se desarrolla conceptualmente un proceso tecnológico para la producción de almidón, que influya sobre el desarrollo económico de los productores y sociedad mediante la generación de fuentes de trabajo.

¿Se puede diseñar conceptualmente un proceso tecnológico de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*)?

1.2. OBJETIVO GENERAL

1. Diseñar conceptualmente un proceso tecnológico de producción de almidón de yuca amazónica (*Manihot esculenta*).

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el rendimiento de almidón de tres variedades de yuca obtenido a nivel de laboratorio.
2. Describir los procesos tecnológicos de obtención de almidón de yuca amazónica.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

En el Ecuador y otros países la yuca hace unos años ha sido un cultivo marginado; sin embargo, por sus características y diferentes aplicaciones es reconocida por su importancia en alimentación humana y animal como también en otros procesos industriales como: producción de almidones, alcohol, papelería, productos cosméticos etc. (Dalglish et al., 2007)

Según el INIAP (2018) la yuca es una raíz rica en hidratos de carbono complejos, importante dentro de la dieta equilibrada, este cultivo está localizado en todas las provincias del país Ecuador, inclusive en Galápagos, considerado como un cultivo que requiere pocos fertilizantes, plaguicidas y agua, un producto prioritario en la seguridad alimentaria.

La yuca (*Manihot esculenta*), hoy en día es un alimento de gran aceptación a nivel mundial, además de la importancia socioeconómica que tiene, es uno de los componentes principales de la canasta familiar, que ha contribuido significativamente en la generación de empleo y como una gran fuente de materia prima en las industrias procesadoras de alimentos, y en el desarrollo de nuevos productos, ya que es un cultivo de fácil adaptación a las condiciones climáticas de muchas regiones. (Villada, Villada, & Mosquera, 2009)

Actualmente algunas empresas han desarrollado algunos productos derivados de la yuca como; tapioca y trocitos de yuca o pellets por ende han tenido cierta acogida en el mercado ecuatoriano.

Antiguamente los almidones eran utilizados para alimentación y otros usos, los egipcios lo utilizaron con fines medicinales, y los romanos utilizaban los almidones como adhesivo. El almidón también es utilizado con fines industriales como: aditivo en el cemento, mejorar la viscosidad en los lodos de perforación en los pozos petroleros, en la fabricación de papel además en el sector textil, papelería y farmacéutico, pudiendo así llegar a satisfacer las necesidades de estas industrias. (Ferrández, Ferrández, Ferrández, Rodríguez, & García, 2014)

La extracción de almidón de yuca ha sido una actividad agroindustrial que inicio hace 50 años en Colombia, antiguamente la mayoría de las plantas procesadoras de almidón eran de mediana escala, con bajos niveles de producción, trabajadas principalmente por mano de obra familiar o pequeñas asociaciones campesinas. Sin embargo, con el paso de los años, la

demanda de producción de almidón tuvo un aumento donde se introdujeron innovaciones mecánicas en algunas etapas del proceso de extracción, lo cual logro un aumento de capacidad de producción a las pequeñas fábricas. (Arisrizábal, 2004)

Según Henao (2007) para la extracción del almidón de yuca se puede realizar en plantas artesanales o plantas más tecnificadas; el proceso en sí, es el mismo y comienza desde la cosecha de las raíces hasta el secado final del almidón, las raíces recogidas deben entregarse a la fábrica en menos de 48 horas para evitar que se descompongan. Una vez realizado el lavado y el pelado de las raíces se proceden a rallar para que se liberen los gránulos de almidón, continuamente se separa de la pulpa el líquido que contiene los gránulos en suspensión, después de lo cual se extraen el agua mediante sedimentación, luego el almidón extraído es sometido a un secado al sol para eliminar la humedad, antes de realizar una molienda, tamizado y envasado. (FAO 2006)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1.DISEÑO CONCEPTUAL

Es la parte fundamental del proceso del diseño que se relaciona con los elementos básicos: diagrama de flujos, balances de energía y materia, especificaciones y comportamiento del equipamiento, consumo de utilidades, seguridad y medio ambiente, así como eficiencia económica. Por lo tanto, en el diseño conceptual se hace énfasis en el comportamiento del proceso como un sistema en lugar del dimensionamiento de los equipos. (Dym, 2002)

En los diseños conceptuales se sientan las bases de cómo va a ser el producto, esta es la parte más creativa del desarrollo, porque un problema se puede resolver de muchas maneras y aquí es donde la mente creativa piensa en distintas soluciones, y se plantean múltiples propuestas. Se pueden definir cosas como materiales, el concepto de los mecanismos que lo hacen funcionar, cómo lo va a utilizar el usuario e incluso cosas como la forma de enfocar el marketing del producto ya que cuando se desarrolla un producto se ha de ser consiente de todas las etapas para su desarrollo, cómo tener en cuenta la fabricación, transporte, marketing, etc. Los diseños conceptuales son la base para el posterior desarrollo del producto por eso no hay que tomarse esta etapa a la ligera por lo que hay que dedicarla tiempo y trabajo. (Dym, 2002)

El desarrollo de un proyecto de diseño de proceso idealizado se puede descomponer en cuatro fases principales: requisitos, diseño conceptual, diseño básico y detalle de ingeniería, como se muestra en la figura 1.

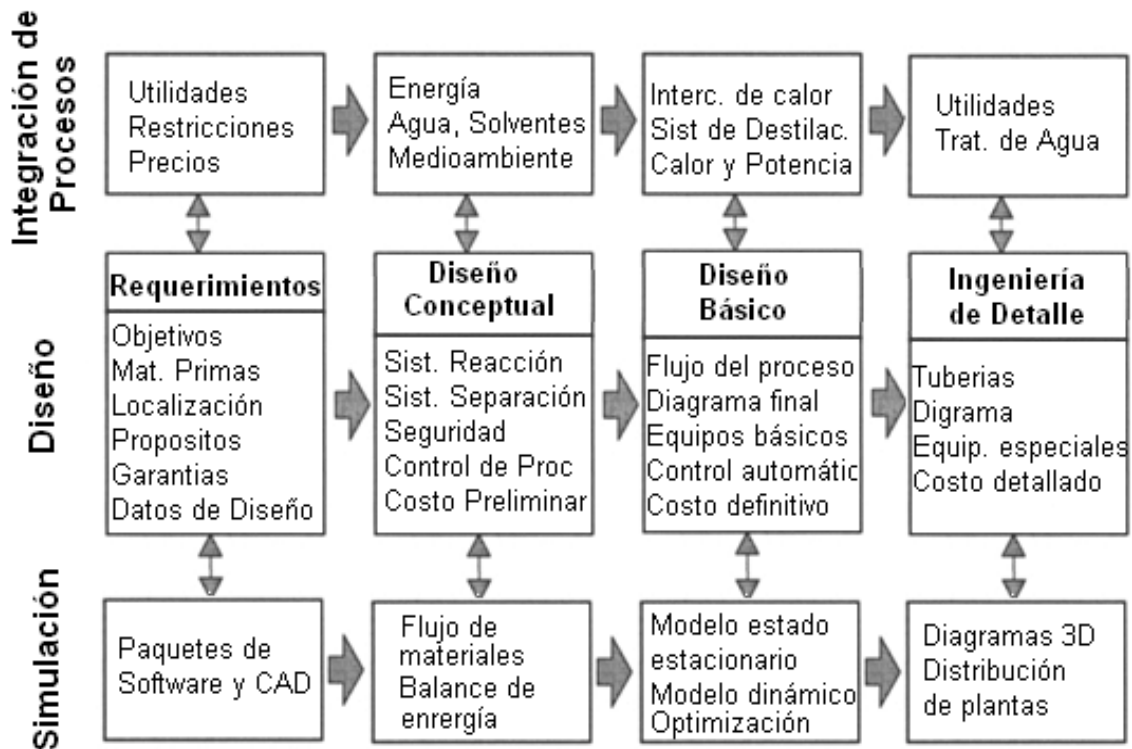


Figura 1. Ciclo de vida de un proyecto de diseño integrado

Fuente: (Pérez, 2012)

2.2.2. MÉTODO DE SÍNTESIS JERÁRQUICA

El soporte teórico del diseño de un proceso se basa en el diseño jerárquico (Douglas 1988), que consiste en una secuencia jerárquica de las operaciones. Lo cual se han desarrollado diferentes metodologías para la generación de alternativas de proceso una de ellas es el método de síntesis jerárquica propuesto por Douglas.

La aplicación de un enfoque jerárquico propuesto por (Douglas, 1988) permite un diseño del proceso industrial ordenado siguiendo los 5 niveles básicos como se demuestra en la figura 2: Nivel 1. Decisión si un proceso es discontinuo o continuo, nivel 2. Identificación de números de corrientes, materias primas de entradas y salidas de un proceso, nivel 3.

Recuperación o eliminación de componentes que lleva a considerar la existencia de corrientes de recirculación y de purga, nivel 4. Identificación y diseño de una estructura general del sistema de separación nivel 5. Este nivel busca optimizar el número de intercambiadores de calor y de servicios en el nivel se obtiene el flowsheet del proceso integrado energéticamente. (Chero, 2015)

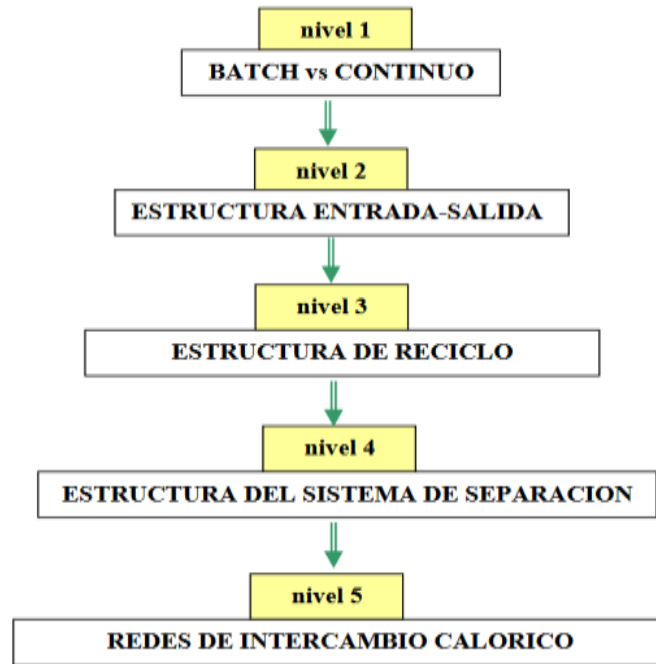


Figura 2. Estructura de niveles en el esquema de síntesis jerárquica

Fuente: (Douglas, 1988)

En su concepción se enfoca en resolver los problemas de diseño embarcando soluciones simples e introduciendo posteriormente, sucesivos niveles de detalles. De tal manera propuso un procedimiento sistemático en el cual se incluyen un conjunto de niveles estructurados de acuerdo a una jerarquía de decisiones. Los niveles se clasifican de acuerdo el siguiente orden de decisiones de proceso. (Douglas & Siirola, 2000)

2.2.3.DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE YUCA

La yuca es un arbusto perenne que oscila entre 1 y 3 m de altura, el tallo particularmente es un cilindro y su diámetro varia de 2 a 6 cm comúnmente sirven para la producción comercial del cultivo; posee hojas simples las cuales están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo que oscilan entre 1 y 6 cm de ancho, los colores de las hojas pueden variar de color como; purpura, verde oscuro hasta claro verde. (Ceballos & De La Cruz, 2002)



Figura 3. Planta de yuca

Fuente: (Ayala, 2015)

La yuca, conocida también como; mandioca, cassava, manioca, manioc, manihot, mañoco o aipi (*Manihot esculenta*), pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, la cual está constituida por unas 7200 especies. (Aristizábal & Sánchez, 2007)

Las enfermedades más frecuentes en la yuca son; la mancha parda de la hoja, la mancha blanca de la hoja, antracnosis de la yuca, la ceniza de la yuca, el mosaico más común de la yuca (*Potexvirus*) y el cuero de sapo entre otros. No obstante, dentro de los métodos de prevención y control de las enfermedades de la yuca se recomienda de una forma preventiva utilizar materiales de siembra y cosecha adecuadas y sanas. Por otro lado, como otra medida de control se recomienda reducir el exceso de humedad en la plantación, el uso de fungicidas, erradicación de plantas enfermas. (Alvarez & Llano, 2002)

Las raíces de la yuca tienen una gran capacidad de almacenamiento de almidón, la cual es el órgano de la planta con más valor económico, las raíces fibrosas pueden llegar alcanzar profundidades hasta 2,5 m, las raíces de la planta pueden adquirir diferentes formas y tamaños muy variables siendo estas una característica de interés comercial. La pulpa de yuca es una de las partes más utilizables, constituye el tejido con mayor contenido de almidón con un 80% aproximadamente correspondiente al peso fresco de la raíz. (Ceballos & De La Cruz, 2002)

2.2.4. VARIEDADES DE LA YUCA

La yuca se cultiva en agrupación con otras plantas, según los estudios realizados en la provincia de Pastaza, en las diferentes comunidades aledañas se encontró seis especies cultivadas en asociación con la yuca; el 22.6% realiza monocultivos; el 32.3% se asocia con una especie; el 24.2% con 2 especie; 6.5% con 3 especies; y 11.3% con cuatro especies y solo el 1.6% con 5 y 6 especies. (Mera-Andrade et al., 2018)

En las comunidades de la provincia se encontraron cuatro variedades de yuca cultivadas: blanca (43,55%); amarilla (41,9%), morada (8,1%) y crema (6,5%), las variedades que más se destacan entre los agricultores son la blanca y amarilla, debido a su sabor y cocción blanda, presentándose un 87.1% de los productores de yuca que siembran la misma. (Mera-Andrade et al., 2018)

2.2.5.COSECHA DE LA YUCA

El tiempo óptimo para cosechar la yuca depende según el uso final del producto. En el caso de la yuca fresca y la congelada, se recomienda que sea de 9 a 12 meses, el periodo de la cosecha depende de la variedad, condición climática y precio del mercado. (Fonseca & Saborío, 2001)

En el caso para la extracción de almidón y consumo animal, se opta por yucas más adultas aproximadamente 15 meses, favoreciendo la obtención de almidón con altos rendimientos. (Montaldo, 1991)

La cosecha de la yuca se puede realizar de dos maneras: manualmente o mecánicamente, la forma manual se realiza con la finalidad que el cultivo sea para consumo fresco, mientras que el uso de maquinaria para la cosecha es utilizado cuando el destino de la yuca es un proceso o industrialización de la misma.(Lardizábal, 2009)

2.2.6.ALMIDÓN DE YUCA

El almidón es un carbohidrato muy importante donde se almacena todos los nutrientes de las plantas, contiene una gran fuente de energía que proporciona a través del consumo diario de los alimentos. (Cobana & Antezana, 2008)

Este carbohidrato por sus características nutricionales y sus diferentes aplicaciones en la industria alimentaria es el más importante y relevante en el comercio. (Cobana & Antezana, 2008)

El almidón está constituido por una mezcla de dos compuestos; amilosa y amilopectina, que solo se caracterizan por su diferente estructura. Las características y propiedades del almidón de los distintos tubérculos y cereales en función del contenido de amilosa y amilopectina es relativa. Por otro lado, en cuanto mayor sea el contenido de amilopectina el producto resulta más adhesivo, lo cual es aprovechado extensamente como; agente espesante, estabilizante en la industria alimentaria como en otras industrias. (Yufera, 1998)

La calidad del almidón está en relación con el producto final, se puede determinar la calidad durante toda la producción mientras sea limpio y cuidadoso el proceso. (Cobana & Antezana, 2008)

Tabla 1. Composición química del almidón de yuca

Componentes (%)	Almidón de Yuca
Humedad	(9,48)
Proteína Cruda	0,06
Grasa Cruda	0,20
Fibra Cruda	1,01
Cenizas	0,29
Amilosa	17,0
Amilopectina	83,0

Fuente: Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos (Hernández, 2008).

2.2.7. TIPOS DE ALMIDONES

Los almidones se obtienen de las semillas de cereales y de algunas raíces y tubérculos, principalmente de almidones de patata (*Solanum tuberosum*), batata (*Ipomoea batatas*) y mandioca (*Manihot esculenta*) (Guadrón, 2013). Por ello el almidón se clasifica en: almidones nativos y modificados, en los cuales se subdividen en diferentes tipos como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de almidones

ALMIDONES	
MODIFICADOS	NATIVOS
Esterificados	Yuca
Aditivos	Papa
	Maíz
	Trigo
	Arroz

Fuente: “Extracción de almidón a partir de guineo Majoncho verde” (Guadrón, 2013).

2.2.7.1. ALMIDONES MODIFICADOS

Los almidones modificados son aquellos que son degradados intencionalmente por la acción de agentes oxidantes, ácidos o enzimas, la modificación de los almidones pueden ser físicas o químicas con el fin de obtener almidones con características mejoradas y sin necesidad de realizar un procesamiento o el uso de otros componentes en la industria. Aplicadas en diferentes áreas industriales, existen algunos almidones esterificados ya identificados como aditivos según el código alimentarius como: almidón acetilado oxidado, almidón blanqueado, almidón tratados con enzimas, almidón hidroxipropilico y almidón tratado con álcalis. (Guadrón, 2013)

2.2.7.2. ALMIDONES NATIVOS

Los almidones nativos son aquellos que son provenientes de especies vegetales, sin cambiar ninguna de sus características después de la extracción. El almidón nativo en gran medida es utilizado en los procesos de alimentos para necesidades específicas. Las propiedades tecnológicas del almidón natural dependen mucho del origen, y la relación de amilosa/amilopectina. (Guadrón, 2013)

2.2.8.USO INDUSTRIAL DEL ALMIDÓN DE YUCA

En la industria de alimentos el almidón también llamado; almidón nativo, dulce o industrial, es utilizado en la elaboración de galletas, caramelos, agentes espesantes, bebidas fermentadas y jarabe de glucosa. El almidón también se le denomina como; almidón no modificado (NM), es utilizado en la industria papelera, este almidón presenta cualidades como; blancura, bajo contenido de fibra y pocas impurezas. Asimismo, el almidón NM se emplea como adhesivo en el laminado de papeles y cartón corrugado. Por otro lado, otra aplicación del almidón es en la industria de explosivos para obtener alcoholes, glucosa y acetona. (Alarcón & Dufour, 1998)

En la industria cosmética, el almidón se emplea en la fabricación de polvos faciales finos, polvos compactos y polvos nutritivos. También actúa como absorbente, mejorador de viscosidad y para sustancias pastosas, líquidas o semisólidas en la elaboración de cremas lociones y de uso dermatológico. (Alarcón & Dufour, 1998)

2.2.9.PROCESOS TECNOLÓGICOS DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA

2.2.9.1. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA HÚMEDA.

El proceso de obtención del almidón agrío de yuca por vía húmeda consiste en una serie de operaciones que se desarrolla en secuencia figura 4.

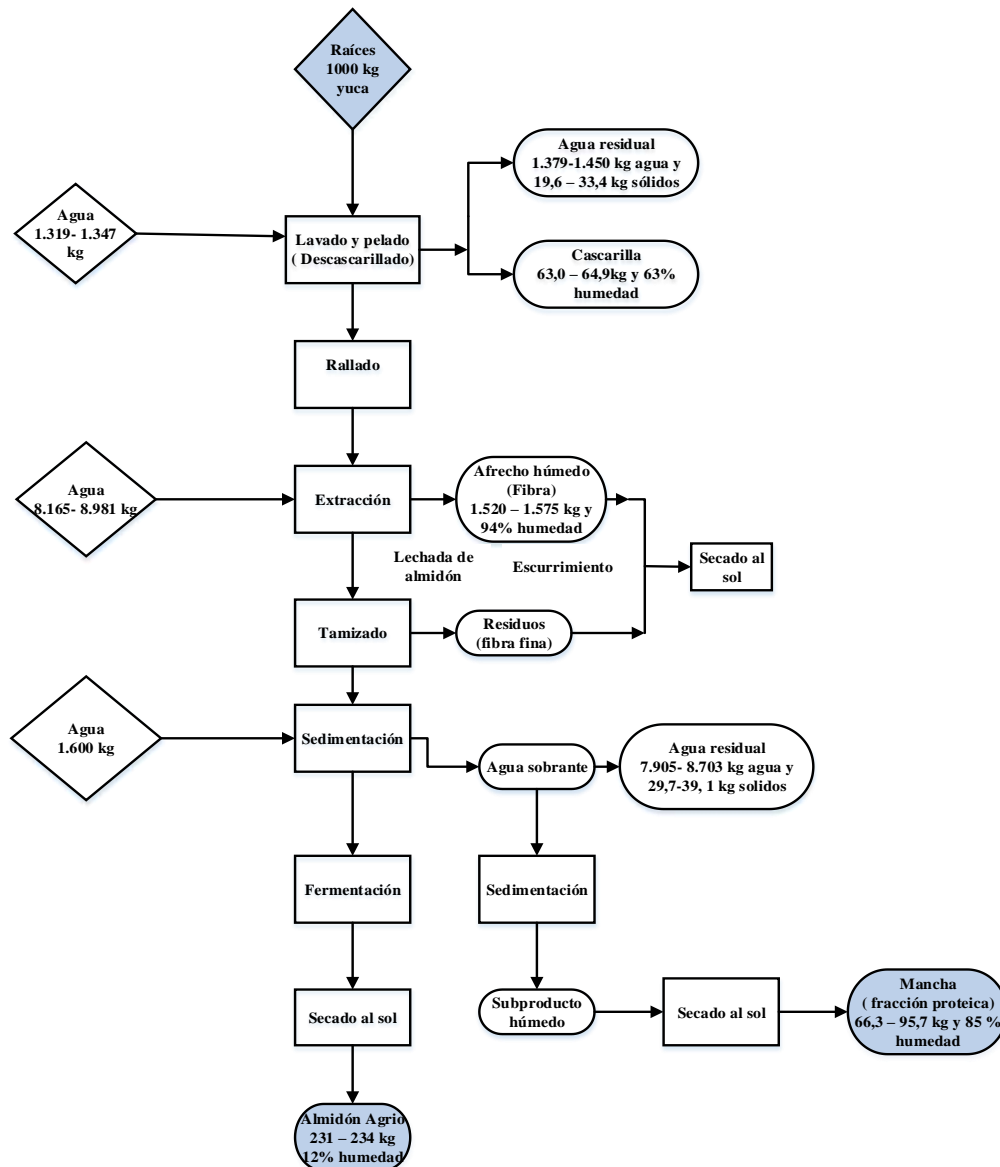


Figura 4. Diagrama de flujo de extracción de almidón vía húmeda

Fuente: Adaptado (Patricia, Pérez, F., A., & E., 2010); (Pérez & Torres, 2008).

A continuación, se presenta el balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón vía húmeda.

Tabla 3 Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón vía húmeda.

Componente (Kg)	Operación											
	Alimentación	Lavado y pelado		Rallado	Extracción		Tamizado		Sedimentación	Fermentación	Secado	
		Entrada	Salida	Entrada	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Salida	
Raíces de Yuca	1000											
Almidón			63,0								231	
			-								-	
			64,9								234	
Cascarilla												
Afrecho húmedo						1.520 – 1.575						
Fibra fina								% Variable				
Fracción proteica (Mancha)											66.3	
											-	
											97.7	
Agua		1.319	1.379 – 1.450	440	8.165				1.600			
		-			-							
		1.347			8.981							
Agua residual			19,6 – 33,4	440		6.736 – 7.500				1.169 – 1.203		
Sólidos residuales												

En la tabla 3 se puede observar que, la fibra fina es mínima la cual varía dependiendo del tubérculo. El contenido de afrecho húmedo es significativamente mayor, este subproducto obtenido también puede ser potencialmente aplicado en la elaboración de alimentos para animales por su alto contenido proteico. En las etapas de lavado, extracción y sedimentación se puede observar el máximo rendimiento de residuo líquido (agua residual), lo cual implica la generación de un residuo contaminante en toda la producción.

a. RECEPCIÓN DE LAS RAÍCES

Las raíces de yuca llegan a las plantas procesadoras, en sacos de 80 a 90 kg, aproximadamente. Estos sacos se depositan en un área cubierta, con piso de concreto que está localizada cerca de la maquina lavadora de raíces. (Rivier, Moreno, Alarcón, Ruiz, & Dufour, 2001)

b. LAVADO DE LAS RAÍCES

Las raíces de yuca son depositadas en la tolva de la lavadora; esta tolva se encuentra en uno de los costados del tambor o cilindro giratorio de la máquina. Las raíces se asperjan con agua dentro del tambor para retirar materias extrañas, tierra impurezas, para facilitar la evacuación de esos residuos. La cascarilla de color café, adherida a las raíces, se separan debido a la fricción de una de las raíces con otras y contra la pared interna del cilindro que gira. La cascarilla pasa por los orificios del cilindro y es evacuada junto con las impurezas.

Una vez que las raíces están limpias y sin cascarilla, se abre la compuerta de retención ubicada en el costado del tambor opuesto. Las raíces caen así un tanque de almacenamiento cuyo fondo tiene una rejilla este tanque conduce a la tolva del rallador. El agua del lavado que contiene las impurezas y las cascarillas se recoge y son conducidas por tuberías hacia un área de filtración, donde se recupera las cascarillas, estas se almacenan son utilizada como fertilizante en los cultivos. (Rivier et al., 2001)

c. RALLADO DE LAS RAÍCES

Las raíces desde el tanque de almacenamiento hasta la tolva de carga del rallador; la tolva por su forma favorece el movimiento de las raíces entre las dos máquinas. El contacto directo de las raíces contra la superficie rugosa y el tambor del rallo en rotación causa la desintegración necesaria de las células el tejido amiláceo de la raíz para que estas liberen los gránulos de almidón. Un tanque situado debajo del rallo recibe la masa rallada hasta que esta pasa a la coladora. Este tanque está situado en un nivel superior de la coladora lo que permite cargar directamente la masa rallada. (Rivier et al., 2001)

d. EXTRACCIÓN DE LA LECHADA DE ALMIDÓN

En esta operación se separan los granos de almidón de la masa rallada (pulpa) mediante un lavado de la pulpa con agua. Se libera la pulpa que se encuentra en el tanque de almacenamiento y es dirigida hacia la coladora, la posición de carga permite el flujo de la pulpa hacia el cilindro rotatorio de la coladora. Por medio de una tubería perforada, se introduce suficiente agua de manera uniforme, en el interior del tambor; logrando así un buen lavado de la pulpa y, por tanto, una adecuada recuperación del almidón disuelto en la lechada. La lechada de almidón pasa a través de un lienzo colocado en el interior del tambor, y a medida que transcurre el tiempo del colado, sale cada vez más diluida hasta perder por completo su color. Los residuos o el afrecho caen en un tanque en forma de embudo donde son conducidos, por tubería a un tanque de escurrimiento. Después de escurrir estos residuos (afrecho) son secados al sol, son utilizados como componente en raciones para animales. (Rivier et al., 2001)

e. TAMIZADO DE LA LECHADA DE ALMIDÓN

La lechada de almidón sale de la coladora y fluye hacia un tamiz inclinado, que ejecuta un movimiento de vaivén. La lechada pasa por los orificios del tamiz, algunas fibras finas que se pasaron por la malla coladora, son retenidas en él. Estas fibras se denominan “afrechillo”, donde es recogido hacia un conducto que lo lleva al tanque de almacenamiento del afrecho. (Rivier et al., 2001)

f. SEDIMENTACIÓN

La lechada de almidón pasa por un tamiz plano de vaivén, la cual es conducida mediante tuberías hacia un laberinto de canales de sedimentación. La sedimentación consiste en el principio de la precipitación selectiva de la suspensión de almidón. Para obtener un sedimento limpio de almidón y evitar las pérdidas de almidón a la salida del canal se ajustan el caudal de la suspensión (la lechada) y la profundidad de la lámina de agua en el canal. El agua residual o sobrante no tiene ningún tratamiento adecuado que le permita retirar partículas en suspensión; por tanto, es recomendable añadirla en el último canal del laberinto para que este se decanten las impurezas y no contamine las demás secciones del laberinto donde se depositan mayor cantidad de almidón. (Rivier et al., 2001)

g. FERMENTACIÓN

El almidón se deposita en los tanques de fermentación donde permanece durante 15 días, la capa de agua de 5 a 10 cm debe recubrir permanentemente la masa de almidón, en el proceso de fermentación se puede utilizar aguas usadas anteriormente o sobrantes del tanque de

sedimentación de la mancha, con el fin de acelerar la fermentación, algunas plantas procesadoras de almidón de yuca tienden a fermentar el almidón de 45 a 60 días para asegurarse de adquirir dos propiedades: el poder de expansión y el aroma los cuales son específicos para la elaboración de productos de panadería. El almidón puede permanecer en tanques de fermentación durante 3 o 4 meses sin que presente deterioro alguno. (Rivier et al., 2001)

h. SECADO

El almidón forma una masa muy compacta en los tanques de fermentación. Su contenido de humedad es aproximadamente, de 55 % humedad. La masa formada se corta en bloques utilizando palas metálicas y se transporta a un área de secado (patios). En algunas plantas extractoras cuentan con unos equipos (molino quebrador o desmenuzador), que facilitan la desintegración de los bloques, y tener un secado uniforme, en un caso que la planta no cuente con estos equipos los bloques se desintegran de manera manual con las manos o mediante pisoteos. Cuando el almidón alcanza una humedad de 12 o 14 % en base humedad, se empaca en sacos para comercializarlo. (Rivier et al., 2001)

2.2.9.2. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA HÚMEDA

a. LAVADORA/ PELADORA (TAMBOR)

La máquina consta de una tolva de ingreso de raíces, de un árbol de transmisión, de un cilindro o tambor ranurado y un tanque de almacenamiento de raíces, consta de una estructura civil que soporta el equipo y canaliza las aguas residuales del lavado. Este equipo funciona por lotes 1000 kg de raíces por hora. (Rivier et al., 2001)

En la figura 5, se presenta el equipo empleado o adaptado en diferentes plantas de procesamiento dedicadas a la extracción de almidón de yuca.

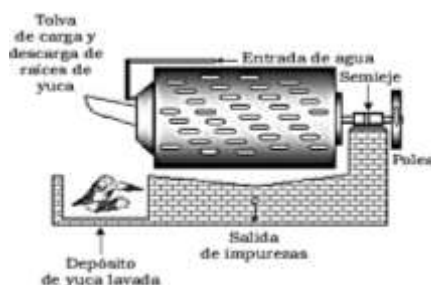


Figura 5. Lavadora / Peladora (tambor) cilíndrica de semieje para carga lateral

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas de la lavadora/peladora de raíces de yuca:

Tabla 4. Especificaciones de lavadora/ peladora de raíces.

Capacidad (de raíces frescas)	1000 kg de raíces/ hora.
Dimensiones de cilindro o tambor	700 mm diámetro y 1600 mm de longitud
Caudal de agua	2 a 2.5 lt / kg de raíces
Velocidad de rotación	40 r.p.m

b. RALLADOR

El rallador consta de una tolva, un chasis metálico, un árbol de transmisión y un rotor, esta maquinaria esta soportado por una estructura civil, puede funcionar en forma continua tiene una capacidad máxima de 1700 kg de raíces frescas por hora. (Rivier et al., 2001)

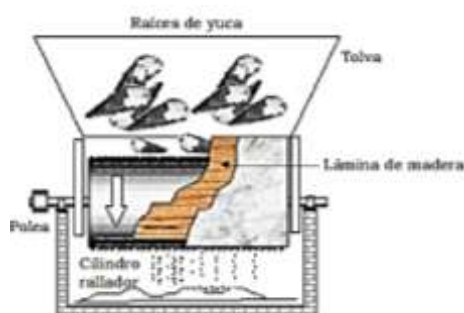


Figura 6. Rallador tradicional de raíces de yuca

En la Tabla 5, se presentan las especificaciones técnicas del rallador de raíces de yuca.

Tabla 5. Especificaciones del rallador.

Capacidad (de raíces frescas)	1700 kg de raíces por hora
Dimensiones del rotor	Longitud: 400 mm; diámetro 280 mm
Caudal del agua	0.8 a lt / kg de raíces
Velocidad de rotación	1800 r.p.m
Eficiencia del rallado	80%

c. COLADORA

La coladora se instala está compuesta por un cilindro de extracción, esta máquina se instala en una estructura de concreto que soporta directamente el conjunto de la trasmisión de la máquina. La coladora funciona por lotes y su capacidad es de 275 kg de raíces frescas por hora. (Rivier et al., 2001)

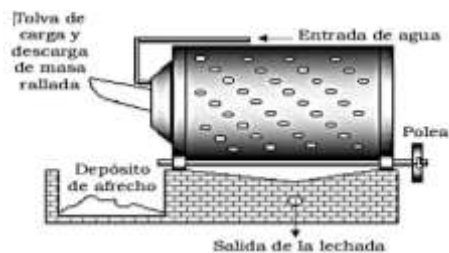


Figura 7. Coladora mecánica discontinua de cilindro y semieje

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas de la coladora mecánica:

Tabla 6. Especificaciones de la coladora.

Capacidad (de raíces frescas)	275 kg / h
Dimensiones del cilindro	Longitud 870 mm; Diámetro 980 mm
Caudal de agua	6. 5 lt / kg de raíces
Velocidad de rotación del cilindro	25 r.p.m

d. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN / CANALES DE SEDIMENTACIÓN

Los canales de sedimentación son de concreto y están revestidos de baldosa de cerámica que facilita la limpieza y evita el deterioro del concreto por los ácidos que provienen del almidón. La sección transversal de estos canales tiene 600 mm de ancho por 400 mm de profundidad. El objetivo de los canales es permitir la sedimentación del almidón solamente. (Rivier et al., 2001)

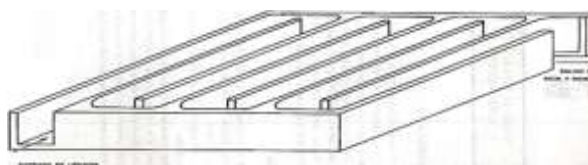


Figura 8. Sistema de canales de sedimentación

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas de los tanques de sedimentación.

Tabla 7. Especificaciones de tanques de sedimentación.

Longitud total	100 a 200 m
Canales	7 canales de 25 a 30 m cada uno. El volumen de agua que pasa por ellos, por tonelada de raíces frescas, es de 4,8 m ³

e. TANQUES DE FERMENTACIÓN

Estos tanques se colocan cerca de los canales de sedimentación, se construyen con ladrillos, se revisten con cemento y se protegen en su interior con cerámica o madera. Las dimensiones de un tanque, en su interior, son aproximadamente de 1200 x 1400 mm, con 1200 mm de altura. (Rivier et al., 2001)



Figura 9. Tanque de fermentación

A continuación, se presenta las especificaciones de los tanques de fermentación:

Tabla 8. Especificaciones de tanques de fermentación.

Características	Parte interna de madera
	Parte externa de cemento
	Construcción de ladrillo

2.2.9.3. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN VÍA SECA.

La obtención del almidón por vía seca tiene las mismas etapas de producción, con la diferencia de que no incluye la etapa de fermentación previa al secado, en el que no se utiliza agua, salvo en algunas ocasiones para la etapa de limpieza de las raíces.

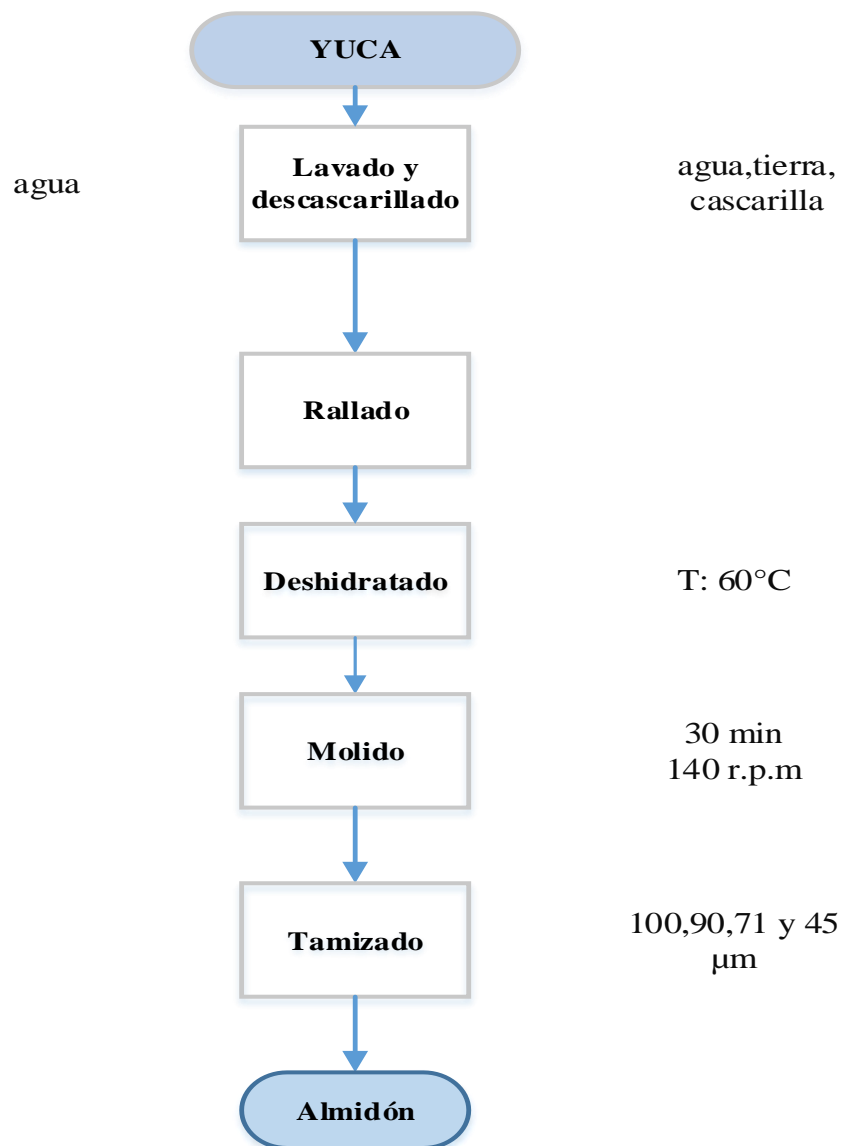


Figura 10. Diagrama de flujo de obtención de almidón vía seca

Fuente: Adaptado (Cobana & Antezana, 2008).

A continuación, se presenta el balance aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón de yuca por vía seca

Tabla 9. Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón por vía seca

Componente (Kg)	Operación								
	Alimentación	Lavado y pelado		Rallado		Deshidratado	Tamizado		Secado
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Salida	Entrada	Salida	Salida
Raíces de Yuca	1000								
Almidón			63,0 – 64,9						231
									–
									234
Cascarilla									
Afrecho húmedo						980			
						–			
						1.078			
Fibra fina								% Variable	
Fracción proteica (Mancha)									66.3
									–
									97.7
Agua		1.319	1.379 – 1.450	440					
		–							
		1.347							
Agua residual			19,6 – 33,4		440				
Sólidos residuales									

En la tabla 9 el balance de masa del proceso tecnológico de almidón por vía seca se encuentra especificado cada componente entorno a los resultados obtenidos en el caso del contenido de fibra fina varia en dependencia a la yuca de producción.

En cuanto al contenido de afrecho húmedo significativamente es bajo respecto al rendimiento de afrecho por la vía húmeda, mientras que en la fracción proteica no existe variación en dependencia al tipo de proceso de que se aplica para la extracción de almidón. En las dos etapas de lavado y pelado, según el proceso de extracción vía seca la utilización de agua es en menor cantidad, en base a estos resultados obtenidos la técnica por vía seca se puede considerar como una alternativa viable ya que no se generan aguas contaminantes de desecho a comparación de las técnicas vía húmeda y tradicional.

2.2.9.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN VÍA SECA (A BASE DE LABORATORIO)

a. LAVADO Y DESCASCARILLADO

Las raíces de yuca se limpian, donde se liberan trozos de tierra, materias extrañas adheridos a la superficie de las raíces, la corteza interna y cascarilla. (Cobana & Antezana, 2008)

b. RALLADO

La etapa de rallado tiene por objeto desmenuzar la pulpa y romper las paredes celulares para facilitar la liberación de los gránulos de almidón. (Cobana & Antezana, 2008)

c. DESHIDRATADO

El deshidratado final se realizó a una temperatura de 60 °C hasta una humedad final de 12 %, con la finalidad de continuar la próxima etapa de molienda con humedad intermedia y obtener una separación inicial de la fibra. (Cobana & Antezana, 2008)

d. MOLIENDA

Consiste en someter el producto a una fuerza de compresión con la finalidad de facilitar la separación inicial de la fibra y los gránulos de almidón esta etapa se realiza en un molino de bolas durante 30 minutos a 140 r.p.m. (Cobana & Antezana, 2008)

e. TAMIZADO

El proceso de tamizado se lo realiza con el fin de desintegran los gránulos de almidón con la utilización de cribas de 100, 90, 71 y 45 μ m. (Cobana & Antezana, 2008)

2.2.9.5. PROCESO TECNOLÓGICO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA (NATIVO)

La obtención del almidón nativo (dulce), como todos los procesos para la extracción se desarrolla de la misma manera que el proceso de extracción por vía húmeda, con una diferencia en la etapa de fermentación.

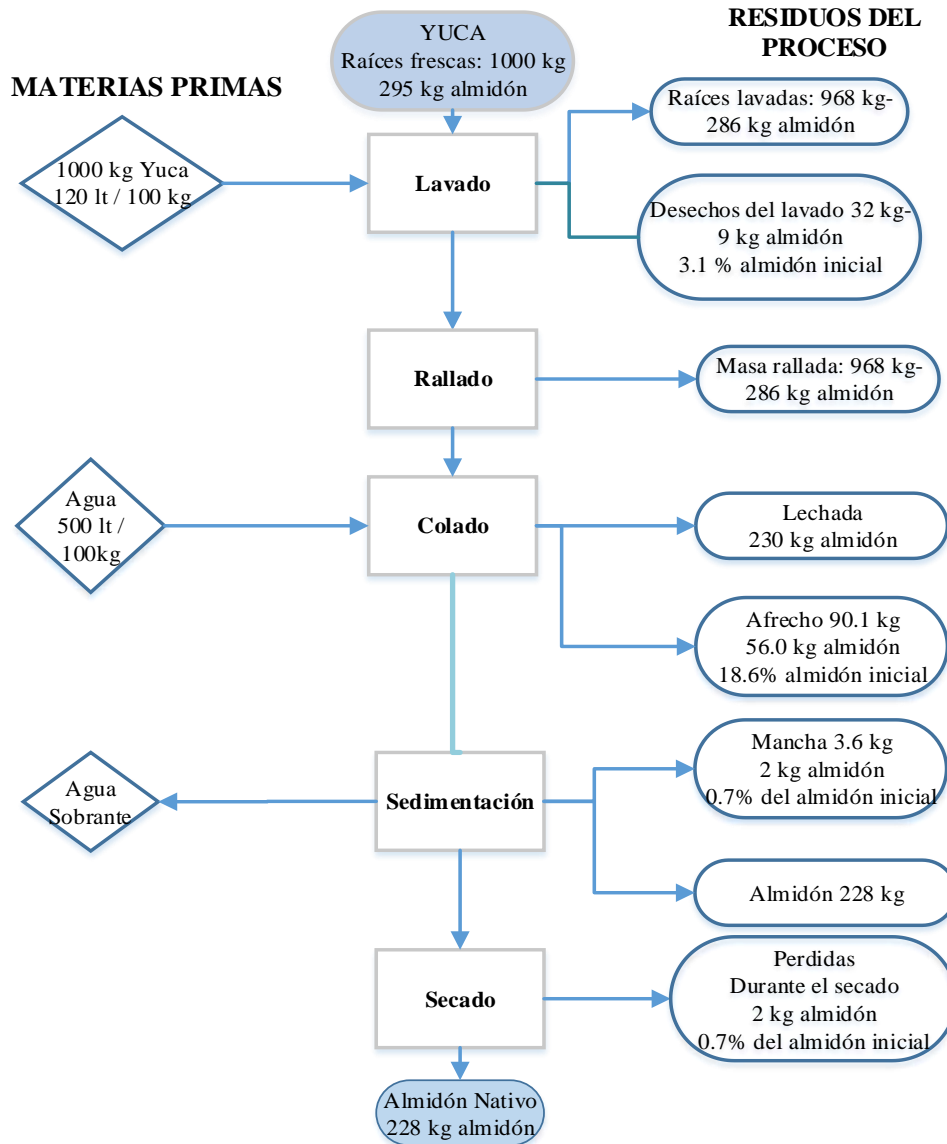


Figura 11. Diagrama de flujo de obtención de almidón nativo

Fuente: Adaptado (Alarcón & Dufour, 1998)

A continuación, se presenta el balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón por el método tradicional:

Tabla 10. Balance de masa aproximado del proceso tecnológico de extracción de almidón método tradicional.

Componente (Kg)	Operación									
	Alimentación	Lavado y pelado		Rallado		Colado		Sedimentación		Secado
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Salida
Raíces de Yuca	1000									
Masa Rallada					968					
Almidón	295		286		286		230		228	228
Cascarilla										
Afrecho húmedo							1.520 – 1.575			
Fibra fina										
Fracción proteica (Mancha)									3.6	
Agua		1.200		900		4.840				
Agua residual			1.163		900				4.259	
Sólidos residuales										

En esta técnica muestran diferencias mínimas en algunas etapas del proceso con respecto al balance de masa obtenido por vía húmeda. En este proceso se genera el desecho líquido residual contaminante durante las etapas de producción. De acuerdo a los resultados planteados se presentó un alto contenido de almidón en comparación a las demás técnicas indicando que la aplicación de los diferentes tipos de extracción puede presentar diferentes contenidos de almidón ya que en dependencia de eso se puede predecir una mayor cantidad de almidón en la etapa de extracción.

a. LAVADO DE LA RAÍCES

Esta operación tiene el propósito de eliminar tierra y las impurezas adheridas a la cascarilla de las raíces de yuca. El lavado y pelado mecánico se hace en un tambor cilíndrico, en el que las raíces reciben chorros de agua mientras se friccionan unas con otras y contra la lámina del equipo. La lámina consta de agujeros rectangulares que permiten la salida de desechos del interior del tambor. El flujo de agua ayuda a desprender las impurezas y la cascarilla de las raíces. (Alarcón & Dufour, 1998)

b. RALLADO DE LAS RAÍCES

En esta etapa el objetivo es la acción de liberar los gránulos de almidón contenido en las células de la raíz. El porcentaje de extracción de almidón depende del rallado, si este no se deshace bien el tejido de la raíz para separar los gránulos de almidón, el rendimiento del proceso de extracción tiende a hacer bajo y se pierde mucho almidón en el afrecho desechado. El rallado no puede ser demasiado fino porque los gránulos muy pequeños de almidón sufrirían daño físico y deterioro enzimático. (Alarcón & Dufour, 1998)

c. COLADO O TAMIZADO

Esta operación puede hacerse manualmente con coladoras mecánicas continuas o con coladoras mecánicas por tandas. El colado o tamizado es la operación más lenta del proceso de extracción del almidón; por lo tanto, es la etapa limitante del proceso, el subproducto de esta operación de colado es el afrecho, una vez secado al sol es destinado para complemento de concentrados para animales. (Alarcón & Dufour, 1998)

d. SEDIMENTACIÓN

Cuando la lechada de yuca rallada sale de la coladora; esta contiene almidón, fibra fina y material proteico en suspensión. Esta lechada es conducida a tanques o a canales, donde se lleva a cabo la sedimentación del almidón. La lechada que recorre los canales o se estaciona en los tanques, se separa el componente más denso (almidón), cuyos gránulos, de diversos tamaños, se sedimentan en el fondo de los tanques o canales. Este proceso puede durar 3

horas en los canales y 6 a 8 horas en los tanques de sedimentación. Al final de esta etapa queda una capa de almidón compactado en el fondo, el residuo de esta etapa es el agua sobrenadante que se desecha.

Existen dos inconvenientes de los tanques de sedimentación: Permiten que se mezcle el almidón con la mancha y que se pierda hasta 2% de almidón sedimentado cuando este se desmancha. Retirar la mancha consiste en limpiar la parte superior de la capa de almidón sedimentado, empleando agua y una herramienta manual. (Alarcón & Dufour, 1998)

La mancha es un subproducto del proceso de extracción de almidón, lo cual contiene almidón de baja densidad y poca calidad, pero su nivel proteico es alto la mancha se emplea en la alimentación de porcinos y en la elaboración de adhesivos. (Alarcón & Dufour, 1998)

e. SECADO DEL ALMIDÓN

El secado es la operación de deshidratación del almidón húmedo, mediante exposición al calor. El almidón nativo se seca empleando medios naturales o artificiales. Para facilitar el secado hay que desmenuzar el almidón. Esta operación se hace con las manos o empleando un rallador que lleve en su tambor tornillos o clavo, el implemento sirve para desintegrar el almidón antes del secado. El secado se puede hacer en bandejas corredizas, el almidón necesita estar expuesto al calor durante 6 horas aproximadamente y ser removido 2 o 3 veces durante el periodo de secado. En esta operación, el viento arrastra polvo de almidón, ocasionando pérdidas de 0.7 % en base seca. El almidón está listo cuando tenga una humedad entre 12 y 14 %. (Alarcón & Dufour, 1998)

2.2.9.6. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO.

a. LAVADORA/ PELADORA CILÍNDRICA DE SEMIEJE PARA CARGA LATERAL

El cilindro esta soportado por un semieje acoplado a una caja de rodamientos. El semieje acciona el cilindro, el conjunto se instala sobre una pileta que recibe agua y las impurezas. El cilindro está formado por una lámina de hierro galvanizado que tiene agujeros ovalados distanciados entre sí por estos orificios sale el agua y las impurezas y restos de cascarillas. Esta lavadora implementada a una tolva hace las labores de carga y descarga, obteniendo así un lavado y pelado rápido y prácticamente continuo. (Alarcón & Dufour, 1998)

A continuación, se presentan las especificaciones de la lavadora/peladora de raíces.

Tabla 11. Especificaciones de lavadora/ peladora de raíces.

Capacidad (de raíces frescas)	1000 kg de raíces/ hora.
Caudal de agua	100 lt/ 1000 kg de raíces
Velocidad de rotación	30 rpm

b. RALLADOR O RALLO

Es un cilindro de manera que va montado en un eje de hierro. El cilindro está recubierto por fuera por una lámina de hierro galvanizado que se perfora de manera manual con un clavo en toda su área, se hacen generalmente, una o dos perforaciones por cm³. El rendimiento promedio del equipo es de 1500 kg de raíces por hora, cuando se ralla con agua, consume 90 lt por cada 100 kg de raíces. La superficie áspera y cortante del tambor constituida por los bordes filudos de múltiples agujeros, lo cual produce una masa de ralladura de yuca, que será fina o gruesa según el espacio o luz dejado entre el tambor y el borde de madera. (Alarcón & Dufour, 1998)

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas del rallador tradicional de raíces de yuca.

Tabla 12. Especificaciones de rallo de raíces.

Capacidad (de raíces frescas)	1500 kg de raíces/ hora.
Caudal de agua	90 lt / 100 kg de raíces
Velocidad de rotación	1200 300 r.p.m

c. COLADORA MECÁNICA DISCONTINUA DE CILINDRO Y SEMIEJE

Esta coladora mecánica consta de un cilindro asociado a un semieje, el cual gira apoyado en una caja de rodamientos, se carga y se descarga lateralmente mediante un aditamento. Dentro del cilindro hay aspas que mezclan la masa rallada de yuca con agua. La lámina interior del cilindro está cubierta por una malla de tela o nylon, de 80 mesh, en la que se tamiza la mezcla de masa rallada y agua. Esta malla permite el paso de la lechada de almidón y retiene la fibra o afrecho. (Alarcón & Dufour, 1998)

En la tabla 13. Se presenta las especificaciones técnicas de la coladora mecánica más común.

Tabla 13. Especificaciones de coladora mecánica.

Capacidad (de raíces frescas)	250 – 300 kg de masa rallada por hora
Caudal de agua	500 lt / 100 kg de masa rallada
Velocidad de rotación	20 rpm
Malla	80 mesh

d. TANQUES O CANALES DE SEDIMENTACIÓN

Los canales de sedimentación se recubren con baldosín o con materiales similares que permitan el flujo laminar de la lechada. El baldosín permite que la lechada se deslice de manera uniforme, evitando así la sedimentación de mancha y de otros residuos. Su longitud total varía de 100 a 200 m, es recomendable un sistema que consta de siete canales de 25 a 30 m de largo cada uno. (Alarcón & Dufour, 1998)

En la tabla 14, se presentan las especificaciones técnicas de los tanques de sedimentación más comúnmente utilizados.

Tabla 14. Especificaciones de tanques de sedimentación.

Longitud total	100 a 200 m
Canales	6 canales de 25 a 30 m cada uno. El volumen de agua que pasa por ellos, por tonelada de raíces frescas, es de 4,8 m ³

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La fase experimental de la investigación se llevó a cabo en el laboratorio de bromatología de la Universidad Estatal Amazónica ubicada en el Km 2½ vía al Puyo a Tena (Paso Lateral) de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador.

La presente investigación tendrá una duración de 400 horas, las cuales fueron tomadas en cuenta desde la adquisición de la materia prima, el proceso para la obtención del almidón de yuca, y determinación de porcentaje de almidón, recolección de datos.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En función del propósito del proyecto se hizo una investigación de carácter experimental lo cual conlleva a manipular una o más variables dentro del estudio para controlar el aumento o disminución de las variables y su efecto en las conductas observadas de las diferentes variedades de yuca y almidón a experimentar. (Serrano et al., 2012)

Esta investigación es de vital importancia para determinar la metodología más viable para la obtención del almidón de yuca, un producto con valor agregado. La propuesta del proyecto ha sido desarrollada mediante la búsqueda de fuentes bibliográficas recopiladas de diferentes publicaciones realizadas tales como; artículos científicos, revistas, libros, tesis entre otros; con el objetivo de obtener información sobre un diseño conceptual de un proceso de producción de almidón de yuca.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. TRABAJO DE CAMPO

El método de trabajo en campo se llevó a cabo en la provincia Pastaza en las diferentes parroquias: Teniente Hugo Ortiz, El Triunfo, Fátima, San José y en los alrededores de Puyo que se han dedicado a la producción de materias primas de origen vegetal. Se realizó observaciones de los cultivos de yuca, y la adquisición de materia prima.

3.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se utilizaron raíces de yuca fresca de tres variedades tales como: morada, blanca y amarilla. Estos tipos de yuca se seleccionaron por la gran disponibilidad de materia prima.

3.4. TRABAJO DE LABORATORIO

La fase experimental de la extracción de almidón de yuca se llevó a cabo en el laboratorio de bromatología de la Universidad Estatal Amazónica:

3.4.1. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA A NIVEL DE LABORATORIO

A continuación, se detalla toda la descripción de las etapas de extracción de almidón.

a) SELECCIÓN

Para la extracción de almidón se seleccionó raíces frescas; blanca, amarilla, morada en óptimas condiciones ya que de eso depende la calidad del producto final.

b) LAVADO Y PELADO

Las raíces de yuca fueron lavadas con agua potable para retirar tierra e impurezas adheridas a las raíces, y el pelado con el fin de sacar la cascara o corteza interior, se procedió a pesar en una balanza analítica marca THOMAS SCIENTIFIC modelo TYP, TSXB4200C serie 320-9410-313, donde se formaron 3 lotes con las tres variedades con un peso promedio aproximado de 3.82 lb de yuca, para el proceso de extracción de almidón.

c) RALLADO DE RAÍCES

Luego del pesado de las yucas para posteriormente ver el rendimiento de almidón. Se procede al rallado de las raíces de una formar manual con la ayuda de un rayador para desintegrar y obtener los gránulos de almidón.

d) EXTRACCIÓN

Se realizó la extracción del almidón de las tres variedades, donde posteriormente se procedió a poner la masa rallada en una tela filtro y con agua potable (cantidad de agua aproximadamente 500 – 700 ml), se lava o se extrae todo el almidón (lechada) posible, el mismo es depositado en unos envases registrados con el nombre de cada variedad, obteniendo finalmente como residuo el afrecho.

e) SEDIMENTACIÓN

Una vez extraído la lechada de almidón y cubierto con agua se espera durante un lapso de 3 horas para lograr que todo el almidón sedimente.

f) ELIMINACIÓN DE AGUA SOBRANTE

Pasado el tiempo de sedimentación y obtenido todo el almidón posible se retiró el agua sobrante, extrayendo solamente la torta de almidón.

g) SECADO

Una vez obtenido el almidón húmedo, se depositó en cajas petri codificadas, y se llevó a una estufa marca BARSTEAD modelo 351, serie 1482051114078, a una temperatura de 65 ° C por 24 horas para obtener un secado homogéneo totalmente seco.

h) MOLIENDA

El almidón ya seco fue retirado de las cajas petri y se procedió a pasar el almidón por una licuadora para desintegrar el almidón y obtener así un almidón uniforme y fino.

i) EMPACADO

El producto final se envasa el almidón en bolsas herméticas de polipropileno, luego son pesados y guardado en un lugar seco y seguro.

3.4.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A NIVEL DE LABORATORIO.

Se elaboró el almidón siguiendo el procedimiento como se muestra en la figura 12. Tomando como modelo la manera tradicional de extracción en método húmedo.

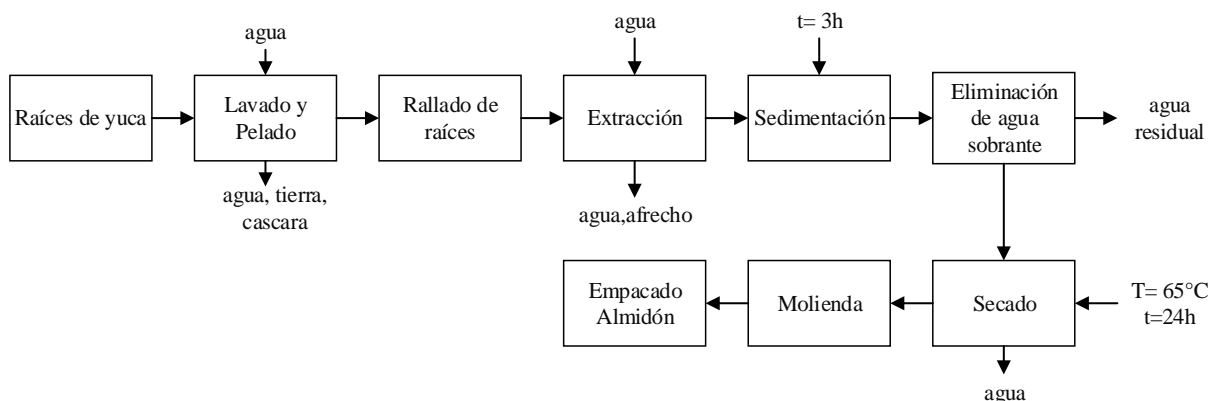


Figura 12. Diagrama de flujo de extracción de almidón de yuca

3.4.3. DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN DEL ALMIDÓN Y PESOS INICIALES Y FINALES

En la tabla 15 se evaluaron dos parámetros importantes; el tiempo de sedimentación y rendimiento de almidón que contiene cada una de las variedades de yuca.

Tabla 15. Tiempo de sedimentación del almidón y pesos iniciales y finales.

YUCA	PESO INICIAL (gramos)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PESO FINAL (gramos)	TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN (horas)	ALMIDÓN (gramos)
BLANCA	829,34	550	339,94	3	55,02

AMARILLA	799,70	780	207,03	3	76,05
MORADA	829,69	600	324,62	3	54,57

En la tabla 16 el contenido de almidón en las raíces frescas de yuca se determinó el porcentaje de almidón de acuerdo con la (Ec.1).(García, Pinzón, & Sánchez, 2013)

$$\%R = \frac{w_a}{w_{rf} \times 0,3} \times 100\% \quad \text{Ec.1}$$

Siendo:

w_a: El peso (g) del almidón obtenido.

w_{rf}: El peso (g) de las raíces frescas de yuca.

Tabla 16. Rendimiento de almidón de yuca de tres lotes de yuca diferentes.

Lote de Yuca	Porcentaje de almidón (%)
1 B	6,6
2 A	9,5
3 M	6,6

3.5. TRABAJO DE DISEÑO

Los datos experimentales obtenidos en el laboratorio, serán relacionados con las tecnologías existentes para proponer alternativas tecnológicas de obtención de almidón de yuca amazónica. Posteriormente, se procedió a evaluar los diseños conceptuales obtenidos para identificar el proceso más viable desde un punto de vista tecnológico.

3.6. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA.

Para el cumplimiento del presente proyecto se utilizó algunos de los pasos mencionados del diagrama heurístico como se muestra en la figura 13. Otro paso, para el cumplimiento de uno de los objetivos específicos establecido se incluye la fase experimental.

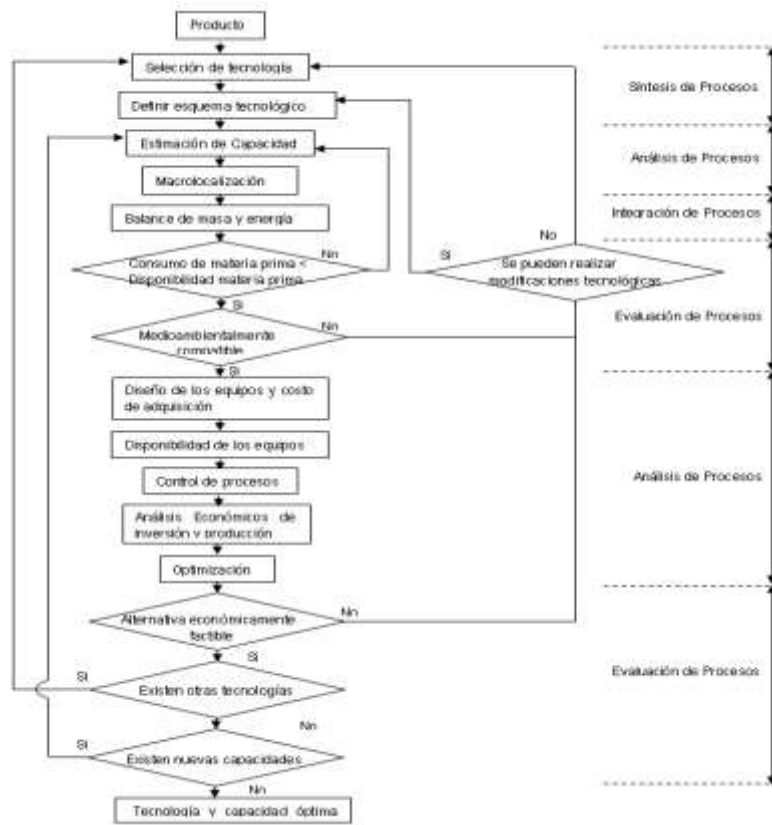


Figura 13. Diagrama Heurístico

Fuente: "Procedimiento metodológico para el diseño de procesos sostenibles de la agroindustria" (Pérez, 2012)

a) PRODUCTO

El objetivo es determinar el producto que se demanda, su cantidad y sus criterios de calidad, así como la tecnología, las materias primas y la energía. Esta información se obtiene a través de métodos de recopilación de información, artículos científicos, revistas.

b) SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

El objetivo es seleccionar (de la literatura) las diferentes tecnologías asociadas al producto, la cual será analizada a través de este procedimiento.

c) DEFINICIÓN DEL ESQUEMA TECNOLÓGICO

Este paso tiene como objetivo definir el esquema tecnológico adaptado a los diagramas de flujo de diferentes plantas procesadoras de almidón, realizar suposiciones que reduzcan la complejidad del problema, y con la continuidad del proyecto proponer el diseño de la distribución de planta y de los equipos.

d) ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA

La finalidad de este paso es estimar la capacidad de la planta a partir de la demanda del mercado y la disponibilidad de materia prima. Se debe determinar la incertidumbre financiera, en la disponibilidad de las materias primas de acuerdo a la literatura (FAO), se pueden observar los anexos 4-7.

e) MACROLOCALIZACIÓN

El objetivo es determinar la cantidad de materia prima disponible las áreas de cultivo de yuca se han identificado a los alrededores de la provincia de Pastaza y en las diferentes parroquias en el cual son cosechadas para autoconsumo y comercializadas en las ferias.

f) BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

El objetivo de realizar los balances de masa y energía para determinar el flujo y la composición de todas las corrientes que intervienen en el proceso (materia prima, intermedia, producto final o residual), con la finalidad de aprovechar la energía y los materiales que intervienen.

g) CONSTATAción DE LA COMPATIBILIDAD AMBIENTAL

Este constituye el segundo paso de toma de decisiones, el objetivo es comparar las cantidades de residuos líquidos y sólidos que generan cada proceso tecnológico para la extracción de almidón de yuca propuesto. En este paso es posible determinar si la alternativa tecnológica cumple con los requisitos ambientales. Si se cumple con las normas ambientales las tecnologías propuestas se clasifica como viable o se clasifica como compatible con el ambiente.

h) FASE EXPERIMENTAL

En el desarrollo de la fase experimental se determinará parámetros necesarios; rendimiento de almidón de acuerdo a los resultados obtenidos se realizará una comparación del rendimiento de acuerdo a los estudios de investigación y tiempo de sedimentación. El objetivo del tiempo de secado se realizará con el fin de presentar posibles alternativas que generen mejores resultados y condiciones óptimas de secado y también proponer el dimensionamiento del equipo secador de bandejas en base al tiempo operacional.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. PORCENTAJE DE ALMIDÓN EXTRACCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.

En la tabla 16 el proceso para la obtención del almidón de las tres variedades se realizó mediante un método de extracción en húmedo, lo cual los factores determinantes son el tiempo de sedimentación y el rendimiento de almidón se determinó mediante una ecuación obteniendo como resultado que la yuca amarilla tiene más contenido de almidón con un (9,5%), a comparación de las demás variedades.

Tabla 16. Rendimiento de almidón de yuca de tres lotes de yuca diferentes.

Lote de Yuca	Porcentaje de almidón (%)
1 B	6,6
2 A	9,5
3 M	6,6

En comparación a los autores Cobana & Antezana (2008) se evaluaron dos técnicas de extracción de almidón en vía seca a nivel de laboratorio, en la primera técnica las raíces frescas de yuca presentan un 30, 85% de contenido de almidón y en la segunda técnica un 30,79% de almidón.

Según Rica (2011) el contenido de almidón en vía húmeda mediante el método artesanal, los valores obtenidos de dos variedades de yuca, la variedad valencia presento un mayor contenido de almidón 84,9 % en comparación con la variedad brasileña el 76,9 % lo cual indicando que distintas variedades presentan diferentes contenidos de almidón.

Caballo (2011) señala el estudio del análisis proximal del almidón nativo de yuca los resultados obtenidos se destacó un alto porcentaje de pureza de almidón 96, 69 % dada a la eficiencia del método de extracción empleada.

4.2. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

La selección de una tecnología para la obtención de un producto no puede centrarse solamente en el costo de la misma, debido a que, por lo general los procesos más costosos no son los más adecuados para las condiciones donde los mismos van a ser operados, de

acuerdo a lo descrito, se plantea una matriz comparativa donde son tomados los siguientes factores: Flexibilidad: es comparada en función a cargas máximas que ingresan al proceso de acuerdo a la fuente bibliográfica.

Facilidad operacional: está dado en comparación a la cantidad de equipos utilizados para la extracción en función de la literatura encontrada.

Desechos: este parámetro está dado por el tipo de desechos que generan, siendo el agua residual el residuo predominante en este proceso en la industria.

Madurez tecnológica: está dado por la cantidad de plantas instaladas que utiliza cada tecnología encontradas en la literatura.

Costo: están comparadas en función a las fuentes bibliográficas de cada una de las tecnologías.

Los parámetros; alto, medio y bajo se ha considerado como parámetros de tecnología a evaluar los mismo que está dado por la literatura encontrada. Además, los tres procesos tecnológicos tienen operaciones comunes con variaciones específicas, por lo que, nos permite compararlos directamente en una matriz tabla 17.

Tabla 17. Matriz comparativa de procesos tecnológicos propuestos

Tecnología/Parámetro	Extracción de almidón vía húmeda	Extracción de almidón vía seca	Extracción de almidón tradicional
Flexibilidad			
• Carga que procesa	Alta	Media	Baja/Media
Facilidad Operacional			
- Cantidad de equipos	Alta	Alta	Baja
- Tipo de equipos	Especializados	Especializados	Sencillo
- Control y automatización	Alta	Alta	Baja
- Insumos	Medio	Medio	Bajo
- Energía (electricidad)	Alto	Medio/Alto	Bajo
Desechos			
- Tipo	Agua residual	Agua residual	Agua residual
- Cantidad	Alta	Baja	Alta
Madurez de la tecnología	Sistema real probado en un entorno operacional	Tecnología validada en laboratorio	Sistema real probado en un entorno operacional
Costo	Medio/Alto	Medio/Alto	Bajo/Medio

Fuente: Elaboración propia

También se debe considerarse las variables ambientales, puesto a que, estos parámetros pueden ser determinantes al momento de una implantación de una planta industrial, para lo

cual, se ha tomado en consideración la generación de desechos sólidos y líquidos inherentes al proceso de producción de almidón.

De acuerdo a los parámetros comparados entre las diferentes tecnologías propuestas. Desde un punto ambiental se selecciona la tecnología de la extracción de almidón de vía seca, como una alternativa viable reemplazando las tecnologías tradicionales para la extracción de almidón de yuca.

A continuación, se presenta una matriz con el tipo de residuos generado en cada una de las dos operaciones que intervienen en las tres propuestas en estudio.

Tabla 18. Matriz de residuos generados por cada operación en el proceso de extracción de almidón de yuca

Operación	Actividades	Residuos	
		Sólidos	Líquidos
Recepción de raíces de yuca y almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● Descargue bultos de yuca (materia prima) ● Almacenamiento bultos de yuca 	Empaque (costales)	-
Lavado y pelado	<ul style="list-style-type: none"> ● Alistamiento de materia prima ● Alistamiento de máquina ● Alimentación máquina ● Operación máquina ● Descargue de máquina 	Cascarilla e impurezas (tierra, arena, etc.)	Agua residual
Selección y despunte	<ul style="list-style-type: none"> ● Inspección y despunte de yuca ● Separación material desechado 	Puntas de yuca, raíces en mal estado	-
Rallado	<ul style="list-style-type: none"> ● Alimentación máquina ● Operación máquina ● Descargue de máquina (almacenamiento) 	Lámina del rallo	-
Colado	<ul style="list-style-type: none"> ● Alimentación máquina ● Operación máquina ● Descargue de máquina 	Afrecho	Agua residual por escurrimiento del afrecho
Tamizado	<ul style="list-style-type: none"> ● Inspección 	Afrecho, cedazo	-
Sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> ● Alimentación de canales ● Seguimiento altura nivel del agua 	Mancha	Agua residual
Fermentación	<ul style="list-style-type: none"> ● Lavado y retiro del almidón ● Alimentación de tanques ● Seguimiento fermentación ● Lavado 	-	Agua residual
Secado	<ul style="list-style-type: none"> ● Retiro del almidón agrio ● Secado 	-	-

Triturado, empaque y almacenamiento

- Limpieza desagüe máquina de lavado
 - Limpieza tanque de cascarilla y afrecho
 - Inspecciones varias
- Residuos en menor proporción iguales a las etapas de lavado, pelado y colado

Fuente: Adaptado de artículo “Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandarización de procesos” (Torre, Pérez, Marmolejo, Ordóñez, & García, 2010)

En la tabla 18 en el proceso de extracción de almidón se generan residuos sólidos y líquidos con una alta carga de contaminante, en base a la matriz el residuo que más impacto genera y principalmente ambiental son las aguas residuales lo cuales generan impactos negativos durante el proceso productivo.

De acuerdo a Valle (2003) la calidad y cantidad de los residuos generados en el proceso de extracción de almidón de yuca varían significativamente, debido a factores como edad del tubérculo, tiempo de almacenamiento, tipo de proceso utilizado. Las aguas residuales generadas, presentan una elevada carga orgánica medida como DQO (Demanda Química de Oxígeno), además de una elevada presencia de sólidos disueltos y compuestos cianurados de alta toxicidad.

En la siguiente tabla se pone a consideración las diferencias encontradas entre el almidón obtenido mediante vía húmeda y el obtenido por medio de vía seca, de acuerdo a estudios de investigación encontrados.

Tabla 19. Propiedades físico - químicas del almidón extraído por vía seca y vía húmeda

Parámetros	Almidón extraído por vía	Almidón extraído por vía
	seca	húmeda
Amilosa (%)	16,90	15,45
Amilopectina (%)	62,15	83,57
Solubilidad (%)	27,6	39,66
Poder de Hinchamiento (%)	39,75	44,65
Viscosidad Aparente (CP)	354,8	247,7
Fibra (%)	0,95	0,98
Azúcares totales (%)	20	ND
Azúcares reductores (%)	1,37	ND
Ácido Cianhídrico (mg)	3,0	ND

ND = No detectable

Fuente: “Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca” (Cobana & Antezana, 2008).

En la tabla 19 se representa las propiedades físico químicas del almidón por dos vías diferentes. Donde la diferencia del contenido de amilosa es mínima respecto al almidón obtenido por vía húmeda.

Cabe resaltar que, el almidón que se obtiene por método la vía seca representa un porcentaje significativo de 20% de azúcares totales y un 1,27 de azúcares reductores, mientras que, en el método por vía húmeda no fueron detectable los azúcares. El contenido de ácido cianhídrico en el método por vía húmeda no fue detectable, lo cual es uno de los factores muy influyente en la calidad del producto final.

Finalmente, de acuerdo a las demás propiedades del almidón se puede observar notablemente los cambios por medio de los métodos de manera general se muestran diferencias mínimas entre los porcentajes obtenidos respecto al almidón por vía húmeda.

4.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SIEMBRA DE YUCA POR TECNOLOGÍA.

La estimación de costos de producción de siembra de yuca industrial y para consumo humano o dulce fueron obtenidos de una planta “Almidones Sucre” de Colombia, se muestran en el anexo 1-2 donde se puede apreciar las tablas de costos.

4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN.

Los costos de equipamiento para la producción de almidón establecido en el anexo 3. Se puede apreciar los precios FOB (Free On Board), libre a bordo, los cuales prácticamente se refiere al comercio de la venta nacional e internacional de productos donde incluye el pago de impuestos, en dependencia de la producción los costos de los equipos establecen precios FOB mínimos y máximos. El método de cálculo para la estimación de costos se realizó de forma directa, buscando de acuerdo a las especificaciones de cada equipo se determinó los costos del equipamiento dando un valor total en precio FOB de \$ 45.000

4.5. COSTOS DE ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ALMIDÓN (FAO)

En los anexos 4-7 se puede visualizar los costos en función a la bibliografía (FAO) para la implementación de una planta para el proceso de extracción, también los costos de estimación de producción establecido, la inversión requerida estimada y el capital de trabajo y la operación de la fábrica, así como los costos operativos estimados y la rentabilidad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se realizó la determinación del porcentaje de almidón de tres variedades de yuca amazónicas, obteniéndose rendimientos mínimos de contenido de almidón del 6% a los 9%, muy distantes de los datos reportados bibliográficamente (aproximadamente 30%). Siendo el clima, uno de los factores determinantes para obtener un alto rendimiento de contenido de almidón y el momento de la cosecha. Además, se identificó que 15 meses es el tiempo de cosecha ideal para obtener el mayor contenido de almidón de yuca.
2. Los procesos de producción de almidón de yuca desde un punto de vista tecnológico, son artesanales o semi mecanizados. Siendo el método por vía húmeda el proceso tecnológico seleccionado, de acuerdo a la comparación de los procesos tecnológicos propuestos, debido a que, este proceso tiene un nivel más alto en la facilidad operacional y tecnología especializada, obteniéndose un mejor rendimiento y calidad del producto final. El proceso de extracción de almidón por vía seca de acuerdo a la comparación de los procesos tecnológicos, es un proceso alternativo innovador, este método se aplica a nivel de laboratorio sin ningún tipo de tecnificación, recalcando que, desde un punto de vista ambiental genera en promedio baja descarga de aguas residuales en comparación de las otras tecnologías propuestas.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar los estudios necesarios para la implementación de una planta procesadora de almidón o sus derivados obtenidos a partir de la industrialización de la yuca, creando plazas de empleos y mejorando la economía de los productores de la provincia.
2. Realizar estudios de contenido de almidón en las variedades de la yuca en estudio en diferentes tiempos de cosecha y compararlos con productos provenientes del cultivo en diferentes provincias del país.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M. (2012). La yuca en el Caribe colombiano: Del cultivo ancestral a agroindustrial. *Aguaita*, 24, 64–99. <https://doi.org/ISSN 1962-3715>
- Alarcón, F., & Dufour, D. (1998). Almidón agrio de yuca en Colombia: Producción y recomendaciones. *Ciat*. <https://doi.org/CIAT N°. 268>
- Alvarez, E., & Llano, G. (2002). Manejo de Enfermedades y Plagas. *La Yuca Del Tercer Milenio*, 130–146.
- Arisrizábal, J. (2004). *COLLao :STORICA*. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogota. Retrieved from http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/digital/SB211.C3_A757_Estudio_de_la_viabilidad_técnica_y_económica_de_la_producción_de_dextrinas_a_partir.pdf
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao*, 163, 134. <https://doi.org/9253056770-9789253056774>
- Ceballos, H., & De La Cruz, G. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. *La Yuca En El Tercer Milenio*, 15–32.
- Chero, P. (2015). Diseño de un proceso industrial para obtener plastico biodegradable (tps) a partir de almidón de yuca manihot sculenta . universidad nacional pedro ruiz gallo.
- Cobana, M., & Antezana, R. (2008). Proceso de extracción de almidón. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 77–83. Retrieved from <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>
- Dalgleish, T., Williams, J. M. G. ., Golden, A.-M. J., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P. J., ... Watkins, E. (2007). *Yuca en pruduccion de etanol*. *Journal of Experimental Psychology: General*.
- Douglas, J. M., & Sirola, J. J. (2000). Conceptural Design and Process Synthesis. *Computers in Chemical Engineering Education*, 153–201. <https://doi.org/10.1007/s00428-014-1713-4>
- Ferrández, C., Ferrández, M., Ferrández, M., Rodríguez, J., & García, T. (2014). Estudio de los Usos del Almidón en la Construcción. *Universidad Miguel Hernández de Elche*, 1–4.
- Fonseca, J., & Saborío, D. (2001). Tecnologia post cosecha de yuca fresca parafinada (manihot esculenta crantz) para exportacion en costa rica. universidad de costa rica.
- García, A., Pinzón, F., & Sánchez, A. (2013). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca , Manihot esculenta , variedad ICA , como materia prima para la elaboración de películas comestibles material for preparation of edible films, (1), 13–21.
- Guadrón, E. (2013). Extracción de almidon a partir de guineo majoncho verde (Musa sp . Variedad Cuadrado).
- Investment, O. F. (2017). Foreign investment by target sectors Total investment, 27(9). [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(98\)77642-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(98)77642-8)
- Lardizabal, R. (2009). Producción De Yuca Valencia. Retrieved from http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/77/EDA_Manual_Produccion_Yuca_06_09.pdf?sequence=1
- Mera-Andrade, R., Pineda-Morales, N., Pomboza-Tamaquiza, P., Bejarano-Rivera, C., López-Villacís, I., Ortiz-Tirado, P., ... Carrasco-Silva, A. (2018). Ancestral practices in the cultivation of manihot esculenta crantz in amazonian indigenous communities of Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(1), 124–130.
- Muñoz, X., Hinojosa, F., & Mendoza, M. (2017). La yuca en el Ecuador.

- Pérez, A. (2012). Procedimiento metodológico para el diseño de procesos sostenibles de la agroindustria cubana. UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY “IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ” FACULTAD DE QUÍMICA.
- Rivier, M., Moreno, M. A., Alarcón, F., Ruiz, R., & Dufour, D. (2001). *Almidón Agrícola de Yuca en Colombia. Planta procesadora: Descripción y planos de los equipos Amidon* (Vol. 2). Retrieved from http://webapp.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/almidon_agrio_2.pdf
- Salcedo Mendoza, J. G., Figueroa Flórez, J. A., & Hernandez Ramos, E. J. (2017). *Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización*.
- Scott, G. J., & International Potato Center. (1992). *Product development for root and tuber crops*. International Potato Center.
- Serrano, A., Garcia, L., Rodrigo, I., Garcia, E., Alvarado, B., & Rios, L. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de La Investigación Educativa*. <https://doi.org/>Tomado el 24 de Enero de 2018
- Torre, P., Pérez, A., Marmolejo, F., Ordóñez, J., & García, R. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandarización de procesos. *Revista EIA, Núm. 14, Diciembre, 2010, Pp. 23-38 Colombia, 17*.
- Villada, D., Villada, H., & Mosquera, A. (2009). Osmótica y fritura en dos variedades de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en la producción de chips. *Dyna, 160*, 131–138.
- Yufera, E. P. (1998). *Tecnología de los productos alimenticios*. España: Editorial síntesis 2ªEd.

ANEXOS

Anexo 1 Costos de producción de siembra de yuca industrial

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALORx HA	% COSTOS
PREPARACIÓN DE SUELO				186	22,31%
Arada-cinzel	Hectárea	2	45,810	92	10,97%
APORQUE	Hectárea	1	45,810	46	5,49%
ADECUACIÓN LOTE	Jornal	8	6,110	49	5,85%
LABORES MANUALES				342	40,97%
Transporte de Semilla	Global	1	6,110	6	0,73%
Picada y Tratamiento de Semilla	Jornal	2	6,110	12	1,46%
Siembra de Yuca	Global	8	6,110	49	5,85%
Resiembra	Jornal	1	6,110	6	0,73%
Aplicación Pre-emergente/aguatero	Global	1	6,110	6	0,73%
Aplicación de Fertilizantes	Jornal	6	6,110	37	4,39%
Aplicación de Insecticidas	Jornal	1	6,110	6	0,73%
Limpias o Deshierbes 3	Jornal	36	6,110	220	26,34%
INSUMOS AGRÍCOLAS				252	30,19%
Semilla de Yuca	mazos	60	0,180	11	1,29%
Diuron	litro	1,5	9,410	14	1,69%
Metholaclor	litro	2	4,890	10	1,17%
Urea	bultox50 kg	4	17,710	71	8,48%
Dap	bultox50 kg	2	36,650	73	8,78%
Cloruro de Potasio KCl	bultox50 kg	3	24,430	73	8,78%
Oxicloruro de Cu	kg	1	0,0042	0,004	0,0005%
Insecticida-lufenuron	litro	0,5	0,0130	0,007	0,0008%
Insecticida-Dimetop	Litro	1	0,0070	0,007	0,0008%
COSECHA				54	6,51%
Arranque Raíces	Tonelada	25	0,0061	0,153	0,0183%
Corte de semillas mazos de 40 varas.	mazos	300	0,1800	54	6,4666%
Cargue de yuca en campo	Tonelada	25	0,0015	0,038	0,0045%
Transporte	Tonelada	25	0,0061	0,153	0,0183%
				-	0,0000%
TOTAL COSTOS DIRECTOS				835	100%
				-	0,0000%
COSTOS INDIRECTOS				-	0,0000%
Arriendo	Hectárea	1	0,1100	0	0,0132%
	Dólares			-	0,0000%
COSTO TOTAL				835	100%
PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD				2	
Costo de Producción / Tonelada	Tonelada			33	
Producción	Tonelada	25	0,067	2	
Venta de semilla	mazos	300	0,001	0	
Ingreso Neto	Dólares			(833)	
Margen de utilidad Neta	%			(100)	

NOTA: SE GENERAN 100 JORNALES DIRECTO POR CADA HECTÁREA DE YUCA SEMBRADA

Anexo 2 Costos de producción de siembra de yuca para consumo humano o dulce

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR x HA	% COSTO
PREPARACIÓN DE SUELO				186	38%
Arada-cinzel	Hectárea	2	46	92	19%
APORQUE	Hectárea	1	46	46	9%
ADECUACIÓN LOTE	Jornal	8	6	49	10%
LABORES MANUALES				269	55%
Transporte de Semilla	Global	1	6	6	1%
Picada y Tratamiento de Semilla	Jornal	0	6	-	-
Siembra de Yuca	Global	4	6	24	5%
Resiembra	Jornal	1	6	6	1%
Aplicación Pre-emergente/aguatero	Global	1	6	6	1%
Aplicación de Fertilizantes	Jornal	0	6	-	-
Aplicación de Insecticidas	Jornal	1	6	6	1%
Limpias o Deshierbes 3	Jornal	36	6	220	45%
INSUMOS AGRÍCOLAS				30	6%
Semilla de Yuca	mazos	35	0,18	6	1%
Diuron	litro	1,5	9	14	3%
Metholaclor	litro	2	5	10	2%
Urea	bultox50 kg	0	0,018	-	-
Dap	bultox50 kg	0	0,037	-	-
Cloruro de Potasio KCl	bultox50 kg	0	0,024	-	-
oxicloruro de Cu	kg	0	0,004	-	-
insecticida-lufenuron	litro	0	0,013	-	-
insecticida-Dimetop	Litro	1	0,007	0	0,00%
COSECHA				-	-
Arranque Raíces	Tonelada	0	6	-	-
				-	-
				-	-
Transporte	Tonelada	0	6	-	-
				-	-
TOTAL COSTOS DIRECTOS	Hectárea			485	100%
				-	0%
COSTOS INDIRECTOS				-	0%
Arriendo	Hectárea	1	0,11	0	0%
	Dólares			-	0%
COSTO TOTAL	Hectárea			485	100%
PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD				1	
Costo de Producción / Tonelada	Tonelada			61	
Producción	Tonelada	8	0,14	1	
				-	
Ingreso Neto	Dólares			(484)	
Margen de utilidad Neta	%			(100)	

NOTA: SE GENERAN 80 JORNALES DIRECTO POR CADA HECTÁREA DE YUCA SEMBRADA

Fuente: adaptado de una planta procesadora de almidón de yuca “Costos de producción” (Almidones de Sucre, 2018).

Anexo 3 Costos de equipos generales utilizados en la producción de almidón de forma industrial.

ÍTEM	UNIDAD	CAPACIDAD DE LA UNIDAD	PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	
			PRECIO (FOB)	
			MÍNIMOS	MÁXIMOS
Molino de martillos	1	1 tonelada / hora	\$ 5.000	\$ 20.000
Prensa hidráulica	1	600 Kg / Lote	\$ 9.000	\$ 9.000
Extractor de almidón	1	1.5 ton / hora	\$ 5.000	\$ 198.000
Tanques de sedimentación (S / S)	1	1000 L / Lote	\$ 9.000	\$ 70.000
Granulador	1	1 tonelada / hora	\$ 850	\$ 900
Secador de flash	1	3 ton / día	\$ 5.600	\$ 90.000
Homogeneizador	1	1 tonelada / lote	\$ 3.000	\$ 3.000
Máquina de embalaje (sacador de bolsas)	2	-	\$ 5.000	\$ 10.000
Bascula	1	-	\$ 3.000	\$ 5.000
TOTAL			\$ 45.450	\$ 405.900

Fuente: Adaptado de Nigeria “Machinery and Equipment for Cassava Starch Production”(FIIRO, 2018).

Anexo 4 Inversión de capital total estimada para el establecimiento de una fábrica de almidón

COSTOS	
Terreno (5 acres; 2 ha)	\$ 1.000
Edificios	
Preparación del sitio	\$ 5.000
Edificios para procesamiento, almacenamiento, oficina, laboratorio, garaje, taller de reparaciones	\$ 90.000
Construcción de chapa de acero corrugado para puertas y cercas alrededor de la planta.	\$ 5.000
	\$ 101.000
Equipos de proceso	
Costo del equipo	\$ 410.000

Instalación (20 por ciento del costo del equipo)	\$	82.000
Ingeniería y diseño (10 por ciento del costo total)	\$	49.200
Gastos de puesta en marcha	\$	15.000
	\$	556.200
Contingencia (10 por ciento del costo total)	\$	55.620
Inversión total en planta	\$	611.820

	Costos	
Trabajo sin experiencia	\$	400
Trabajo semicalificado	\$	500
Mano de obra calificada	\$	1.000
Capataces	\$	1.500

Anexo 5 Costos de requisitos estimados de trabajo, salarios de una fábrica de almidón

Costo por año	Costo por año	Total
	<i>Dólares</i>	
<i>administración</i>		
1 gerente	\$ 12.000	
1 subdirector	\$ 8.000	
1 superintendente mecánico	\$ 6.000	
1 supervisor técnico	\$ 6.000	
4		\$ 32.000
<i>Trabajo indirecto</i>		
1 Agente para el suministro de raíces.	\$ 2.400	
4 empleados de oficina	\$ 4.000	
3 guardias (trabajo semicalificado)	\$ 1.800	
2 trabajadores no calificados por motivos	\$ 800	
10		\$ 9.000
<i>Labor directa</i>		
1 técnico de procesamiento	\$ 4.800	

1 técnico de control de calidad	\$	4.800	
3 capataces para el procesamiento de turnos.	\$	4.500	
2 capataces para mantenimiento y transporte.	\$	3.000	
21 Trabajadores calificados para operaciones de procesamiento.	\$	21.000	
11 Trabajadores calificados (conductores, mantenimiento mecánico y eléctrico).	\$	11.000	
13 trabajadores no calificados para el procesamiento	\$	5.200	
11 trabajadores no calificados para mantenimiento y transporte.	\$	4.400	
63			\$ 58.700
Total			\$ 99.700

Anexo 6 Costo operativo estimado y capital de producción

		<i>costos</i>
<i>Materias primas</i>		
Raíces frescas de yuca a \$ 9.35 por tonelada (31 300 toneladas por año)		\$ 292.650
 <i>Suministros operativos y utilidades.</i>		
Combustibles y aceites diesel.	\$	20.000
Potencia a \$ 3 / kWh	\$	25.000
Materiales de embalaje en bolsas de \$ 40/100 kg.	\$	28.800
Suministros de mantenimiento (3 por ciento del costo del equipo)	\$	12.300
Suministros generales		\$ 89.100
 <i>Mano de obra operativa</i>		
Salarios y salarios incluyendo todos los beneficios		99 700

<i>Gastos de ventas</i> (\$ 2 por tonelada)	\$ 14.400
<i>Impuestos y seguros locales</i> (1 por ciento de la inversión de la planta)	7 400
<i>Depreciación</i> (10 por ciento en equipos y 2 por ciento en edificios)	64 600
Costo total por año	567 850
<i>Capital de trabajo estimado</i> (costo operativo de 3 meses a plena capacidad)	142 000

Anexo 7 Rentabilidad estimada de una fábrica de producción de almidón

<i>Ventas totales estimadas de productos</i>	<i>COSTOS</i>
Almidón de yuca a \$ 78 por tonelada (7 200 toneladas por año)	\$ 561.600
Residuos o desperdicios (mercados locales) a \$ 35 por tonelada. .	115 500
Costo total estimado de operación	677 100
	-567 850
	109 250
	<i>Por ciento</i>
<i>Beneficios anuales netos estimados</i>	
Ganancias por capital invertido	14.8
Ganancias por costo de operación	19.2
Ganancias por capital de trabajo	76.8

Total de techos frescos requeridos por año.	31 300 toneladas
Superficie total requerida para el cultivo de yuca.	3 100 acres (1 255 ha)
Consumo de energía al año.	838 800 kWh (116.5 kWh por tonelada de almidón)
Consumo de Waler por año.	496 800 m ³ (69 m ³ por tonelada de almidón)
Diesel oil para los camiones.	aprox. 110 m ³ (24 000 gal)
Fuel oil para generador de vapor	aprox. 320 m ³ (70 000 gal)
