



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE ALMIDÓN A PARTIR DE CAMOTE (*Ipomoea batatas L.*) PARA
SU USO ALIMENTICIO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado de académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: EDWIN ALFREDO CUADRADO PEÑAFIEL

TUTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA. PhD

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

© 2019, Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE CAMOTE (*Ipomoea batatas L.*) PARA SU USO ALIMENTICIO”, de responsabilidad del señor EDWIN ALFREDO CUADRADO PEÑAFIEL, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína

**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACION**

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, EDWIN ALFREDO CUADRADO PEÑAFIEL, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios nuestro señor, por haberme dado la vida y haberme permitido lograr llegar a este momento tan importante en mi vida como es el de poder culminar mi carrera profesional.

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor y cariño a mis padres que gracias a su guía y consejos, su amor, paciencia y esfuerzo durante el transcurso de mi vida me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi madre Laurita por acompañarme siempre y estar presente a lo largo de mi carrera aconsejándome y apoyándome incondicionalmente, por ser un gran ejemplo en mi vida de superación, por la confianza que ha depositado siempre en mí, por sus sacrificios y enseñanzas, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo sin importar nuestras diferencias.

De igual manera a mi padre Edwin que a pesar de las circunstancias no puedas estar presente de manera física y la distancia que nos separa, siento que estas aquí presente conmigo y en mi corazón, gracias por ese apoyo incondicional que me supiste brindar durante mi vida y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos sé que este momento hubiese sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi hermana Laurita, a mi cuñado y mis sobrinos por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral que me han brindado durante esta etapa de mi vida.

Edwin Cuadrado

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con Dios nuestro señor por haberme dado la vida y estar siempre conmigo, por la oportunidad que me ha brindado de llegar a esta etapa, ser ese apoyo y fortaleza en aquellos momentos de debilidad y darme las fortalezas suficientes para poder llevar a cabo este sueño que es el de obtener mi título y culminar mi carrera profesional.

A toda mi familia, de una manera muy especial a mis padres las personas más importantes en mi vida por siempre darme su apoyo, amor y confianza incondicional, gracias por sus consejos, que han sabido guiarme por el mejor camino y por haberme dado la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión. Darme esas palabras de ánimo y el coraje para seguir adelante y estar hoy conmigo apoyándome totalmente en todas las decisiones de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa universidad. Un agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por su conocimiento impartido durante esta etapa de formación académica.

Al Ing. Hannibal Brito e Ing. Mabel Parada por su apoyo y tiempo brindado que con su dirección, colaboración, conocimiento, orientación durante el desarrollo de este trabajo y a sus consejos y correcciones hoy pude dar lugar a la culminación de mi trabajo de titulación.

Edwin

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPITULO I.....	1
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Justificación del Proyecto	2
1.3. Línea base del proyecto.....	3
1.3.1. Marco conceptual	3
1.3.2. Operaciones Unitarias para la obtención del almidón.....	20
1.3.3. Diseño	26
1.4. Beneficiarios directos e indirectos:	58
1.4.1. Directos:	58
1.4.2. Indirectos:.....	59
CAPITULO II	60
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	60
2.1. General:	60
2.2. Específicos:	60
CAPITULO III.....	61
3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR	61
3.1. Localización del Proyecto	61
3.2. Ingeniería del Proyecto	62
3.2.1. Tipo de Estudio	62
3.2.2. Métodos y Técnicas.....	62
3.2.3. Procedimiento a escala de Laboratorio	69
3.2.4. Variables del Proceso	80
3.2.5. Datos Experimentales.....	81
3.2.6. Cálculos.....	84
3.2.7. Resultados	121
3.2.8. Validación del Proceso.....	139
3.3. Proceso de Producción	142
3.3.1. Materia prima, insumos y aditivos	142
3.3.2. Distribución y Diseño de la Planta.....	142

3.3.3.	Capacidad de Producción:.....	143
3.4.	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	144
3.4.1.	Requerimientos de equipos para el proceso:	144
3.5.	Análisis de costo-beneficio del proyecto	146
3.5.1.	Presupuesto	146
3.5.2.	Análisis costo-beneficio	152
3.6.	Cronograma de actividades	153
	CONCLUSIONES:	154
	RECOMENDACIONES:	155
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1: Taxonomía del Camote (<i>Ipomoea Batatas L.</i>).....	4
Tabla 2-1: Variedades de Camote en el Ecuador	8
Tabla 3-1: Composición media de 100 g de materia fresca	8
Tabla 4-1: Composición química de 100 g de raíz cruda de camote	9
Tabla 5-1: Análisis proximal en raíces de 15 variedades de camote	9
Tabla 6-1: Beneficios para la salud sobre el consumo de Camote.....	10
Tabla 7-1: Producción de camote por regiones y provincias del Ecuador en el año 2009.....	11
Tabla 8-1: Propiedades de los componentes de almidón	13
Tabla 9-1: Composición química de diferentes almidones	14
Tabla 10-1: Tipos de Almidones modificados.....	15
Tabla 11-1: Propiedades Funcionales	16
Tabla 12-1: Métodos de extracción de almidón.....	17
Tabla 13-1: Aplicaciones del almidón en la Industria	20
Tabla 14-1: Descripción del proceso de obtención de almidón de camote	27
Tabla 15-1: Datos Experimentales y adicionales para el dimensionamiento del secador.....	47
Tabla 16-1: Condiciones de operación para el transporte del camote.....	55
Tabla 17-1: Peso de la banda de acuerdo a las características de operación.....	56
Tabla 18-1: Factor de la tensión para rotar los rodillos en bandas de caucho.....	56
Tabla 19-1: Longitud de las secciones transversales de la banda para diferentes materiales de construcción	58
Tabla 20-1: Tensión de la banda de acuerdo a las diferentes curvaturas	58
Tabla 1-3: Localización del Proyecto	61
Tabla 2-3: Determinación de las Características Físicas del Camote	64
Tabla 3-3: Técnica para la eliminación de Humedad en un secador de Bandejas	65
Tabla 4-3: Análisis Físico- químicos para la caracterización del producto final	67
Tabla 5-3: Requisitos físicos de la materia prima.....	69
Tabla 6-3: Cantidad de materia e insumos empleados en la extracción de almidón a escala de laboratorio	70
Tabla 7-3: Equipos, materiales y reactivos necesarios para la extracción de almidón a escala de laboratorio	70
Tabla 8-3: Porcentaje de insumos y materia prima utilizada de acuerdo a la temperatura de secado del almidón.....	71
Tabla 9-3: Descripción del Procedimiento a escala de laboratorio	72

Tabla 10-3: Prueba de t-student para la determinación de la eficiencia de secado comparando diferentes temperaturas de operación.....	79
Tabla 11-3: Variables del proceso	80
Tabla 12-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 60°C	81
Tabla 13-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 50 ° C.....	82
Tabla 14-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 40 ° C	83
Tabla 15-3: Valores referenciales para la caracterización fisicoquímica de la materia prima	121
Tabla 16-3: Caracterización Fisicoquímica de Materia Prima (Camote).....	122
Tabla 17-3: Valores referenciales para las características físicas del camote	123
Tabla 18-3: Características Físicas del Camote	124
Tabla 19-3: Rendimientos del Camote.....	124
Tabla 20-3: Resultados del secado del almidón de camote a una temperatura de 60 ° C (bandeja 1)	125
Tabla 21-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 60°c (bandeja 2)	127
Tabla 22-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 50°c (bandeja 1)	129
Tabla 23-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 50°c (bandeja 2)	130
Tabla 24-3: Resultados del Proyecto de Extracción de Almidón de Camote	133
Tabla 25-3: Prueba chi cuadrado para la prueba de olor, apariencia, consistencia, sabor y color en la salsa de tomate con almidón de camote y almidón comercial.....	134
Tabla 26-3: Análisis de Frecuencia para la prueba de olor, apariencia, consistencia, sabor y color en la salsa de tomate elaborada con almidón de camote y almidón comercial	136
Tabla 27-3: Dimensionamiento de los equipos.....	138
Tabla 28-3: Análisis Físico Químico del Almidón de Camote	139
Tabla 29-3: Validación del Almidón de Camote	140
Tabla 30-3: Valores referenciales para la caracterización del almidón de camote	140
Tabla 31-3: Caracterización Físico Química y microbiológica del almidón de camote	141
Tabla 32-3: Análisis Microbiológico para almidón de camote	141
Tabla 33-3: Materia prima e insumos necesarios para la producción de almidón.	142
Tabla 34-3: Distribución de las áreas de la planta	142
Tabla 35-3: Requerimiento de equipos y maquinaria	144

Tabla 36-3: Presupuesto de los equipos y maquinaria	146
Tabla 37-3: Materia prima directa	147
Tabla 38-3: Mano de obra directa	147
Tabla 39-3: Costos de análisis de laboratorio	148
Tabla 40-3: Costos fijos	148
Tabla 41-3: Costos de Muebles y Enseres	149
Tabla 42-3: Costos de producción	149
Tabla 43-3: Presupuesto de costos y gastos	150
Tabla 44-3: Flujo de caja para el proceso de obtención de almidón de camote.....	151
Tabla 45-3: Indicadores Económicos para la producción de almidón de camote	152

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1-3: Lavado de materia prima	72
Fotografía 2-3: Pelado del camote	72
Fotografía 3-3: Pesaje de pulpa y cascara de camote por separado	73
Fotografía 4-3: Troceado de la pulpa de camote	73
Fotografía 5-3: Proceso de extracción de almidón	73
Fotografía 6-3: a) Afrecho obtenido y b) Separación de la lechada de almidón	74
Fotografía 7-3: Proceso de sedimentación.....	74
Fotografía 8-3: Separación del líquido sobrenadante	74
Fotografía 9-3: Proceso de trituración	75
Fotografía 10-3: Camote en forma ovalada.....	123
Fotografía 11-3: Camote en forma alargada.....	123

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1: Camote	3
Figura 2-1: Morfología de la planta de batata (camote).....	5
Figura 3-1: Estructura química de la amilosa	13
Figura 4-1: Estructura química de la amilopectina	13
Figura 5-1: Esquema general del proceso de extracción de almidón.....	18
Figura 6-1: Curvas de secado de un sólido húmedo	22
Figura 7-1: Diagrama de flujo del proceso de la obtención de almidón	26
Figura 8-1: Diagrama de bloques de las operaciones unitarias.....	29
Figura 1-3: Localización Geográfica de la ubicación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.....	61
Figura 2-3: Valores a implementar a escala industrial.....	98
Figura 3-3: Capacidad de producción de almidón de camote en la planta	144

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1: Humedad en base seca	23
Ecuación 2-1: Humedad en base húmeda	23
Ecuación 3-1: Velocidad de secado	24
Ecuación 4-1: Variación del tiempo.....	24
Ecuación 5-1: Variación de la humedad	24
Ecuación 6-1: Tiempo de secado del Periodo Ante-crítico.....	25
Ecuación 7-1: Tiempo de secado del Periodo Post- crítico.....	25
Ecuación 8-1: Tiempo total de secado	25
Ecuación 9-1: Capacidad máxima del bombo de lavado	29
Ecuación 10-1: Capacidad volúmetrica del bombo	30
Ecuación 11-1: Volumen de Camote	30
Ecuación 12-1: Volumen de Agua	30
Ecuación 13-1: Volumen de Seguridad	31
Ecuación 15-1: Volumen total del bombo	31
Ecuación 16-1: Altura del bombo	31
Ecuación 17-1: Radio del bombo.....	31
Ecuación 18-1: Altura de las bases del bombo	32
Ecuación 19-1: Peso de la estructura del bombo	32
Ecuación 20-1: Peso del bombo con carga	32
Ecuación 21-1: Velocidad de giro con el bombo vacío	32
Ecuación 22-1: Velocidad de giro con el bombo cargado	33
Ecuación 23-1: Potencia de diseño	33
Ecuación 24-1: Diametro de la polea menor.....	33
Ecuación 25-1: Longitud de la correa en V	33
Ecuación 26-1: Velocidad Tangencial	34
Ecuación 27-1: Distancia entre centros de la polea	34
Ecuación 28-1: Arco de contacto entre la polea y correa.....	34
Ecuación 29-1: Frecuencia de flexiones	34
Ecuación 30-1: Esfuerzo Tangencial	34
Ecuación 31-1: Par	34
Ecuación 32-1: Potencia a transmitir	35
Ecuación 33-1: Eficiencia	35
Ecuación 34-1: Volumen de la mesa de corte del camote	36

Ecuación 35-1: Capacidad por mesa	36
Ecuación 36-1: Número de unidades por mesa.....	37
Ecuación 37-1: Cantidad de materia prima a procesar.....	37
Ecuación 38-1: Cantidad de volumen a procesar	37
Ecuación 39-1: Volumen de la carcaza.....	38
Ecuación 40-1: Radio de la carcaza	38
Ecuación 41-1: Altura de la carcaza	38
Ecuación 42-1: Peso de la carga	38
Ecuación 43-1: Tensión efectuada por las cuchillas	39
Ecuación 44-1: Velocidad de giro de las cuchillas	39
Ecuación 45-1: Ubicación del centro de las aspas	40
Ecuación 46-1: Longitud de las aspas.....	40
Ecuación 47-1: Potencia del motor	40
Ecuación 48-1: Viscosidad cinemática del fluido	41
Ecuación 49-1: Volumen a procesar de la pasta	41
Ecuación 50-1: Volumen del filtro.....	41
Ecuación 51-1: Radio del filtro	41
Ecuación 52-1: Altura del filtro	41
Ecuación 53-1: Área superficial del filtro.....	42
Ecuación 54-1: Espesor del lecho filtrante	42
Ecuación 55-1: Caída de presión en el filtro.....	42
Ecuación 56-1: Volumen de las placas	42
Ecuación 57-1: Número de placas	43
Ecuación 58-1: Separación de las placas	43
Ecuación 59-1: Caudal en el filtro	43
Ecuación 60-1: Velocidad de filtración	44
Ecuación 61-1: Número de Reynolds	44
Ecuación 62-1: Factor de fricción.....	44
Ecuación 63-1: Pérdidas por fricción.....	45
Ecuación 64-1: Altura dinámica de la bomba	45
Ecuación 65-1: Potencia de la bomba	45
Ecuación 66-1: Velocidad de sedimentación	46
Ecuación 67-1: Número de Reynolds	46
Ecuación 68-1: Caudal de la pasta de almidón que ingresa.....	46
Ecuación 69-1: Área de Sedimentación	46
Ecuación 70-1: Altura del sedimentador.....	46

Ecuación 71-1: Longitud del sedimentador	46
Ecuación 72-1: Ancho del sedimentador	47
Ecuación 73-1: Tiempo de retención de la pasta	47
Ecuación 74-1: Área de la pantalla difusora	48
Ecuación 75-1: Altura de los lados de la pantalla difusora	48
Ecuación 76-1: Altura máxima de la lechada	49
Ecuación 77-1: Calor necesario para calentar la pasta de almidón	49
Ecuación 78-1: Calor necesario para calentar y evaporar el agua.....	49
Ecuación 79-1: Calor necesario para aumentar la temperatura del vapor.....	49
Ecuación 80-1: Calor total para el secado	50
Ecuación 81-1: Consumo de vapor	50
Ecuación 82-1: Potencia del motor.....	50
Ecuación 83-1: Área de transferencia de calor	51
Ecuación 84-1: Ancho del secador.....	51
Ecuación 85-1: Altura del secador	51
Ecuación 86-1: Número de bandejas	52
Ecuación 87-1: Separación entre bandejas.....	52
Ecuación 88-1: Volumen a triturar.....	52
Ecuación 89-1: Radio de la carcaza	52
Ecuación 90-1: Altura de la carcaza	53
Ecuación 91-1: Capacidad de transporte.....	53
Ecuación 92-1: Velocidad de molienda	53
Ecuación 93-1: Caudal del material molido	54
Ecuación 94-1: Tiempo de molienda	54
Ecuación 95-1: Potencia de motor	55
Ecuación 96-1: Potencia de motor	56
Ecuación 97-1: Altura de la base	56
Ecuación 98-1: Ancho de la base.....	57
Ecuación 99-1: Capacidad del transportado.....	57
Ecuación 100-1: Diámetro de la banda	58
Ecuación 101-1: Factor de fricción de los rodillos.....	95
Ecuación 102-1: Fricción en las secciones curvas	96
Ecuación 103-1: Tensión Efectiva	96
Ecuación 104-1: Potencia Necesaria.....	104

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. NTE INEN 1750 – Hortalizas y Frutas Frescas. Muestreo

Anexo B. Norma Técnica Peruana 212.001-Requisitos físicos de la materia prima

Anexo C. Análisis Bromatológico de la materia prima (Camote)

Anexo D. Análisis Bromatológico y Microbiológico de Almidón de Camote

Anexo E. Análisis para validación de Almidón de Camote

Anexo F. Encuesta realizada

Anexo G. Proceso experimental para la elaboración de almidón a partir de camote

Anexo H. Esquema de Equipos

Anexo I. Diseño de la planta

RESUMEN

Se diseñó un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea Batatas L.*) con la finalidad de aprovechar los recursos naturales del país, se seleccionó el tubérculo tomando como referencia la norma NTP-212.001 para camote amarillo, luego se realizó la caracterización fisicoquímica en base a métodos descritos por la norma AOAC (1977), posteriormente se realizaron ensayos de laboratorio para identificar las variables que inciden en el proceso, considerando como la principal el método de extracción, este se trabajó con el método por vía húmeda, siendo además el grado de madurez, el tiempo de licuado, sedimentación y la temperatura de secado más adecuada además de otras variables para la obtención de almidón de camote de excelente calidad; se elaboró una salsa tipo ketchup con la muestra obtenida en el laboratorio y otra con el almidón comercial, las cuales fueron analizadas sensorialmente por medio de encuestas a jueces no entrenados y mediante un análisis estadístico de los datos obtenidos se pudo identificar que la salsa elaborada con almidón de camote presentó un 66,34% de aceptación sobre la salsa elaborada con almidón comercial con un 33,68%. Para la validación del proceso se realizó la caracterización fisicoquímica del almidón extraído, tomando como referencia los ensayos fisicoquímicos para almidón de yuca de la norma FAO (2007) que originó un resultado dentro de los rangos establecidos en la misma. En el diseño de ingeniería para la obtención de almidón a nivel industrial se consideraron los equipos necesarios para una producción óptima. Finalmente por medio del cálculo costo-beneficio del proyecto demuestra que el proyecto es viable, convirtiéndose en una fuente de empleo y de satisfacción de las necesidades del consumidor. Para la producción se recomienda un buen abastecimiento de materia prima.

Palabras clave: < INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <ALMIDÓN >, < SECADO >, <VARIABLES DEL PROCESO >, <CAMOTE (*Ipomoea Batatas L.*) >

ABSTRACT

An industrial process was designed to obtain starch from sweet potato (*Ipomoea Batatas L.*) in order to take advantage of the natural resources of the country. The tuber was selected taking as reference the norm NTP-212.001 for yellow sweet potato, then it was made physicochemical characterization based on methods described by the AOAC standard (1977), subsequently, laboratory tests were carried out to identify the variables that affect the process, considering as the main the extraction method, this was worked with the method by wet way, being also the degree of maturity, the time of liquefying, sedimentation and the most suitable drying temperature in addition to other variables for obtaining sweet potato starch of excellent quality; a ketchup type sauce was elaborated with the sample obtained in the laboratory and another one with the commercial starch, which were analyzed sensory by means of surveys to untrained judges and by means of a statistical analysis of the obtained data it was possible to identify that the sauce elaborated with sweet potato starch presented a 66.34% acceptance on the sauce made with commercial starch with 33.68%. For the validation of the process, the physicochemical characterization of the extracted starch was carried out, taking as a reference the physicochemical tests for cassava starch of the FAO standard (2007) that originated a result within the ranges established in it. In the engineering design for the production of starch at an industrial level, the necessary equipment for optimum production was considered. Finally, through the cost-benefit calculation of the project, it shows that the project is viable, becoming a source of employment and satisfying the needs of the consumer. For production, a good supply of raw material is recommended.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <INDUSTRIAL PROCESSES>, <STARCH>, <DRYING>, <VARIABLES OF THE PROCESS>, < SWEET POTATO (*Ipomoea Batatas L.*)

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

La iniciativa del presente proyecto tiene como finalidad dar una visión más clara de la situación actual del camote en el Ecuador, esto debido a que la agricultura en nuestro país tiene un pausado desarrollo por pocas propuestas comerciales que incentiven la dinámica de fuerzas productivas, siendo el camote un tubérculo andino muy poco identificado y que hasta el momento es producido en muy bajas cantidades ha ido perdiendo importancia ya que la mayor parte de su producción es exportada a diversos países de manera natural y utilizado para la elaboración de diversos productos derivados del mismo como mermeladas, dulces, snack entre otros mientras que en nuestro país es muy poco aprovechado (Revelo, 2014).

En la actualidad, el camote (*Ipomoea batatas L.*) es considerado como una raíz tuberosa con un alto valor nutricional originario de la región andina perteneciente a la familia Convolvulaceae, a pesar de ser un tubérculo importante en el Ecuador el uso que se le da es únicamente medicinal y escasamente alimenticio ya sea para el ser humano o en los animales, además de que aún no se ha desarrollado un mejor uso de las propiedades y características que esta raíz proporciona, existiendo pocas empresas dedicadas a la industrialización del camote ya que los agricultores lo han destinado básicamente para consumo local y como forraje para alimentación animal.

La composición química del camote tiene el potencial para desarrollar una infinidad de productos tales como: dulce de camote, snacks, galletas, torta, pan, colada, harina, mermeladas, compotas, biopolímeros, alcohol, entre otros o como biomasa para la industria, siendo el almidón de camote esencial para la producción de biopolímeros naturales indispensables en el país para sustituir los polímeros sintéticos que perjudican el medio ambiente.

Lo mejor de este cultivo es que es un alimento sin gluten, lo cual lo hace un producto especial en países en donde habitan personas que no pueden consumir este componente. De esta forma se le dará un valor agregado al producto, teniendo en consideración que hoy en día debido a la invención de tantos químicos, es más difícil conseguir un producto que en realidad sea orgánico y totalmente beneficioso para la salud de las personas.

Además, al hablar de los tubérculos podemos mencionar que hoy en día la mayoría de gente consumen estos alimentos ya que son indispensables y beneficiosos en la dieta balanceada del ser humano, sin embargo, el brindar al país proyectos técnicos que brinden información sobre otras alternativas de aprovechamiento de esta materia prima es muy bueno ya que puede ser sustentable para el país y de esta manera brindar la oportunidad de utilizar para sustituir productos que se encuentran en el mercado ya que según estudios realizados el proceso industrial de obtención de almidón a partir de tubérculos resulta más económico que aquel obtenido de fuentes convencionales como maíz o trigo ya que representa menores costos de producción.

1.2. Justificación del Proyecto

Debido a que el Ecuador posee una diversidad de productos agrícolas con excelentes propiedades nutricionales de entre ellos se encuentra el camote (*Ipomoea batatas L.*) que es una raíz tuberosa comestible con un alto contenido de antioxidantes, gran valor vitamínico y proteico; pero con muy poca explotación a nivel industrial, este proyecto pretende dar a conocer la importancia que tiene el uso de tubérculos andinos como una alternativa de producción especialmente de aquellas especies que como el camote puede servir como fuente de alimento y fuente potencial para la obtención de almidón con alta demanda en el mercado, que conlleva a la producción de biopolímeros de dicha especie como sustituto de los polímeros sintéticos y almidones provenientes de soya, trigo, maíz entre otros.

Es por ello que se propone realizar un diseño de proceso para la obtención de almidón usando como materia prima el camote (*Ipomoea batatas L.*) ya que presenta un gran potencial económico tanto para el agricultor como para la persona que lo industrialice para la obtención de almidón, con un valor agregado, que ayude al agricultor a cubrir la inversión en el cultivo y generar un margen de utilidad. De esta manera se está fomentando una conciencia agrícola y alimentaria, busca generar alternativas sobre la base de los diferentes usos del almidón obtenido de camote.

Teniendo en cuenta que el clima y la fertilidad de los suelos tienen una importante incidencia en el cultivo de camote, este producto puede fácilmente adaptable a diferentes ecosistemas y variadas, es decir, que puede producirse bajo condiciones desfavorables y climas marginales particularmente en los suelos arenosos, con un buen drenaje y contenido de materia orgánica.

Por las características agrícolas y la contribución de la producción de camote al desarrollo de varios países, va adquiriendo importancia económica por sus bondades y aporte en el mercado nacional o internacional. Por lo tanto, el proyecto presentado hará uso de estos beneficios para

ofrecer el producto almidón de camote, que será accesible y de buena calidad, aplicando un diseño adecuado del flujo del proceso estructurado y un estudio económico (Mena, 2012).

1.3. Línea base del proyecto

El presente proyecto se realiza en el laboratorio de Procesos Industriales en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la panamericana Sur Km 1 ½, lo que contribuye a consolidar los conocimientos adquiridos durante la carrera con la práctica a través del desarrollo de las operaciones de transferencia de calor y masa, secado, reducción de tamaño, operaciones físico-mecánicas relacionadas con el manejo de líquidos, sólidos y vapor.

1.3.1. Marco conceptual

1.3.1.1. Camote (*Ipomoea Batatas L.*)



Figura 1-1: Camote

Fuente: <https://vital.rpp.pe/expertos/camote-activa-tus-defensas-da-y-te-mantiene-joven-noticia-831397>

Energía-

El camote (*Ipomoea Batatas L.*) considerada como una planta perenne, perteneciente a la familia de las convolvuláceas, comúnmente conocido con otros nombres como batata, papa dulce o boniato, siendo sembrado en gran parte del mundo por su raíz tuberosa comestible con un alto valor nutricional, alta concentración de azúcares, rico en vitaminas, minerales con un alto contenido de caroteno y vitaminas A, además de ser una raíz con alto contenido de almidón.

Este tubérculo conocido como una planta de consistencia herbácea por lo general de hábito rastrero considerado como uno de los cultivos tradicionales más antiguos y valiosos sembrado a gran escala en más de 100 países en vía de desarrollo, destacando por su rusticidad y su alta productividad además de que este puede ser cultivado en varias épocas del año; utilizado de acuerdo a sus características para la alimentación humana y animal, así como también en el

procesamiento industrial sirviendo como materia prima para la extracción de almidón , harina de pan sustituyendo parcialmente la harina de trigo, producción de glucosa, alcohol etílico, ácido láctico butanol, acetona, vinagre , etc. (Aristizábal et al, 2007)

- **Origen y distribución**

Si bien generalmente su origen se le ha atribuido a los trópicos del continente americano no se ha determinado todavía el propio centro de su origen, en la actualidad lo que se conoce que es nativo de los bosques tropicales y que ha sido ampliamente cultivado en América Central y Sudamérica hace más de 5000 años.

Medina (2013, p.39) menciona que el género *Ipomoea* perteneciente a la familia Convolvuláceas cuanta con alrededor de unas 600 especies que se ha ido extendiendo a lo largo del tiempo por todo el mundo; aunque es originaria de Sudamérica y América Central su facilidad para adaptarse le ha permitido cultivarse en los 5 continentes ; cultivado en la actualidad en todo el mundo siendo el mayor productor el continente Asiático, seguido por África y América del Sur, con una producción mundial de 130 millones de toneladas por año , donde China ocupa el primer lugar como el principal productor de camote donde su cultivo es equivalente al 80% de la producción global total.

- **Descripción Taxonómica del Camote**

Según Huamán (1992), menciona que la especie definida por Linneo en el año de 1753 como *Convolvulus batatas*, fue clasificada por Lamarck en 1971 dentro del género *Ipomoea* en base a la forma del estigma y la superficie de los granos de polen; consecuentemente así su nombre fue cambiado a *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Como se puede observar en la tabla 1-1 se muestra la descripción taxonómica de la raíz tuberosa de camote (*Ipomoea Batatas L.*) es la siguiente:

Tabla 1-1: Taxonomía del Camote (*Ipomoea Batatas L.*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Convolvulaceae
Tribu	Ipomoeae
Genero	Ipomoea

Subgénero	Quamoclit
Sección	Batatas
Especie	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam

Fuente: (Zambrano, 2013)

- **Características Morfológicas**

La batata o más conocida como camote es una planta herbácea y perenne, cultivada como una planta anual usando sus raíces reservantes o esquejes para su propagación vegetativa. Su hábito de crecimiento es predominantemente postrado, con tallos que se propagan horizontalmente sobre el suelo, desarrollando un follaje exuberante (Huamán, 1992).

En la figura 5-1 se puede apreciar la morfología de la raíz tuberosa de camote.

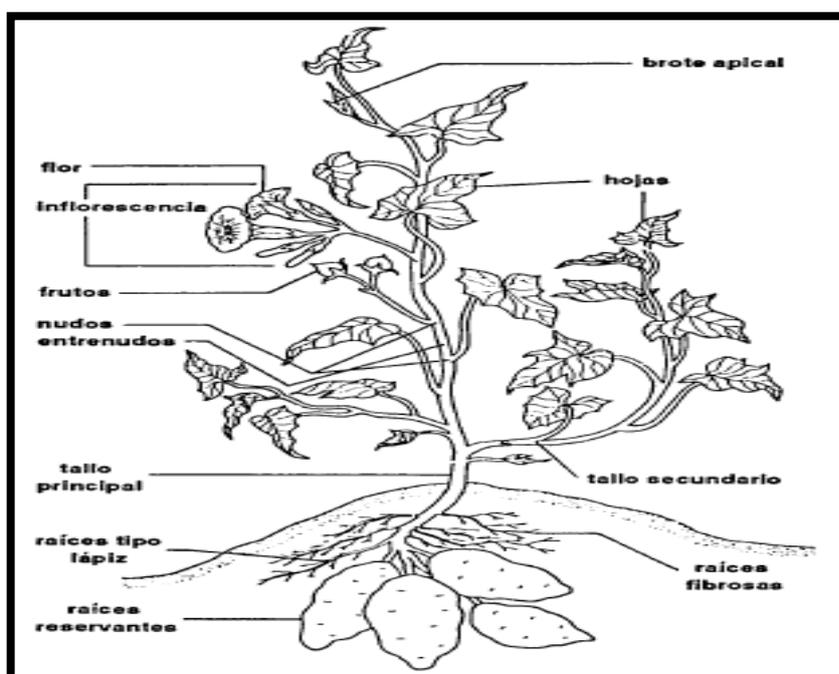


Figura 2-1: Morfología de la planta de batata (camote)

Fuente: (Huamán, 1992, p.21)

- **Raíz**

Según Folquer (1978, p. 12) las plantas provenientes de semilla, llegan a presentar una raíz típica con un eje central y ramificaciones laterales, que por lo general en un tiempo aproximado de 2 meses estas llegan a adquirir un diámetro que oscila entre 0,5 a 1,5 cm.

- **Tallo**

Conocidos vulgarmente como bejucos o guías, llegando a presentar una forma cilíndrica u ovalada y su longitud así como los entrenudos dependerá de su hábito de crecimiento durante el cultivo y de la disponibilidad de agua en el suelo. Se dice que la longitud de cultivos de crecimiento erecto

llega a ser de aproximadamente de un metro de largo mientras que en cultivos de crecimiento rastrero estos pueden llegar a alcanzar una más de cinco metros de longitud (Huamán, 1992, p.9).

- **Flores**

Folquer (1978, p.239) señala que las flores del camote se encuentran aglomeradas en inflorescencias de tipo racimo con un raquis con una longitud que va desde los 5 a 20 cm de largo, con dos brácteas en su extremo.

- **Hojas**

Según Huamán (1992, p.12) señala que las hojas del camote son simples, se encuentran arregladas de forma alterna en espiral sobre los tallos en un patrón al cual se conoce como fitotaxia (2/5), que quiere decir que hay 5 hojas arregladas en espiral en 2 círculos cerca del tallo por cada 2 hojas que se encuentran en el mismo plano vertical sobre el tallo. La forma de sus hojas dependiendo del cultivar puede ser: redondeada, reniforme, cortada, triangular, hastada, lobuladas y casi divididas.

- **Fruto**

Montaldo (1991, p. 239), menciona que el fruto es una capsula de forma redonda o cilíndrica con un diámetro que puede ir de 3 a 7 mm con una punta terminal. Durante su etapa de inmadurez este presenta colores que van desde un verde pálido hasta una de tonalidad purpura y al madurar puede tornarse con una coloración marrón-pardo. La maduración se produce en un periodo de 25 a 55 días después de la etapa de fecundación dependiendo de las condiciones climáticas en las que se dé.

- **Semilla**

El diámetro de su semilla posee una longitud que va desde los 2 a 4 mm mientras que su forma puede ser irregular, ligeramente angular o redondeada de color castaño a negro, además de que conservan su poder germinativo por un periodo mayor de 10 años (Folquer, 1978, p.239).

➤ **Requerimientos de clima y suelo**

- **Clima**

El cultivo del camote puede adaptarse a cualquier tipo de clima, siendo este un factor muy importante para el desarrollo de la planta, es por eso que en el Ecuador se puede encontrar cultivos

en todas las regiones del país dándose la mayor producción en la región de la Costa; se adapta desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, pero los mejores rendimientos en plantaciones comerciales se dan entre los 0 y 900 msnm en zonas que presentan temperaturas de 20 a 30 °C donde el cultivo crece con una mayor rapidez mientras que en temperaturas más bajas el tubérculo se tarda más en culminar su proceso de crecimiento, y requiere de 12 a 13 horas diarias de luz (INIAP, 2017).

- **Suelo**

El camote puede ser cultivado en una gran diversidad de suelos con distintas características físicas, aunque esta prefiere suelos francos que presenten un buen drenaje, buena aireación, sean livianos y con un alto contenido de materia orgánica, pudiendo ser tipo franco arenosos hasta franco arcillosos siendo los más óptimos los francos arenosos en los que se cosechan las batatas de mejor calidad, ya que este tipo de suelo es más ligero y permite que exista una mayor absorción de nutrientes, además de que tolera suelos moderadamente ácidos con un pH que oscila entre un rango de 4.5 a 7.7 (INIAP, 2017).

- **Variedades**

Folquer (1978, p.52), menciona que existe una gran variedad de camote que a su vez pueden clasificarse en dos tipos: húmedo y seco; entre los de tipo húmedo podemos encontrar los de pulpa anaranjada y amarilla mientras que entre los de tipo seco se encuentran los de pulpa blanca, amarilla y morada.

Sin embargo según (Alcívar, 2014) citado por Suarez (2015, p. 9) existe una diferencia entre las variedades de camote de tipo húmedo y tipo seco, señalando que las raíces de camote de tipo húmedo al ser más dulces son consumidos en su mayoría de forma alimenticia mientras que los de pulpa seca son más útiles en procesos industriales.

En el Ecuador existen una gama de variedades de camote que se pueden clasificar por medio de la coloración de su pulpa (anaranjado, amarillo, blanco y morado) siendo el camote morado el de mayor consumo y su preferencia está determinada por sus costumbres ancestrales y por su sabor; además nuestro país cuenta con alrededor 15 variedades de camote de las cuales 4 de ellas son ecuatorianas y 11 fueron introducidas provenientes principalmente de Perú los cuales se adaptan muy bien a las condiciones climáticas que existe en nuestro país (INIAP, 2017).

En la tabla 2-1 se detallaran las variedades de camote pertenecientes a Ecuador:

Tabla 2-1: Variedades de Camote en el Ecuador

Variedad	Características
Guayaco Morado	<ul style="list-style-type: none">• El color predominante en su piel es morado con una intensidad pálida mientras que su pulpa posee un color morado pálido siendo el blanco su color secundario distribuido en la mayor parte de su pulpa.
Tena	<ul style="list-style-type: none">• El color que predomina en su piel es de una tonalidad crema con una intensidad intermedia pero que carece de un color secundario mientras que el color predominante de su pulpa es medio anaranjado, siendo su color secundario de una tonalidad crema distribuida en forma de anillos anchos en la mayor parte de la pulpa.
Crema	<ul style="list-style-type: none">• El color predominante de la piel es anaranjado, con intensidad intermedia; carece de color secundario mientras que el color predominante de la pulpa es anaranjado intermedio, siendo la crema su color secundario
Anaranjado	<ul style="list-style-type: none">• Sus tallos principales tiene una longitud de 177 cm, con cobertura de suelo medio (50-70%), sus entrenudos son cortos de 3 a 5 cm y su diámetro intermedio de 7 a 9 mm, las hojas son medianas de 8 a 15 cm de longitud.

Fuente: (INIAP, 2017)

Adaptado por: Cuadrado Edwin, 2018

• Composición química y valor nutricional

El camote considerado como un humilde tubérculo y alimento de los pobres es un producto con un alto valor energético en sus raíces tuberosas y alto valor proteico en su follaje. Sus raíces reservantes poseen de un 25 a 30 % de carbohidratos totales, de los cuales el 98 % es considerado de fácil digestión. Su contenido de fibras suaves, cortas y digeribles, ayudan al organismo a tener una buena digestión lo que conlleva a disminuir el riesgo de contraer cáncer de colon, vesícula biliar y riñón. Por esto y otras características el camote es una opción en la dieta humana como producto fortificado de bajo costo y de fácil acceso (INIAP, 2017).

Desde el punto de vista nutricional la batata tiene un contenido de proteína más alto en comparación a otros tubérculos como la yuca y el ñame. Contiene grandes cantidades de vitamina C aunque gran parte de la misma podría perderse durante la elaboración y cocción. Su contenido de proteína oscila entre 1 y 2,5 por ciento. Los carotenos precursores de la producción de la vitamina A, suelen hallarse presentes en las variedades amarillas especialmente en los cultivares con una carne de un color anaranjado oscuro, a los que se llama ñames de la Florida (FAO, 1990).

Como se puede apreciar en las tablas 3-1 y 4-1 se muestra la composición química de la raíz tuberosa de camote en 100 g de materia fresca y de raíz cruda.

Tabla 3-1: Composición media de 100 g de materia fresca

Componente	Cantidad
------------	----------

Humedad	70%
Carbohidratos Totales	26.1 g
Proteína	1.5 g
Lípidos	0.3 g
Calcio	32 mg
Fósforo	39 mg
Hierro	0.7 mg
Fibras digeribles	3.9 g
Energía	111 kcal

Fuente: (Chamba, 2008)

Tabla 4-1: Composición química de 100 g de raíz cruda de camote

Componente	Cantidad
Agua	72.8 g
Calorías	102 mg
Fibras digeribles	1.1 mg
Potasio	295 mg
Sodio	43 mg
Magnesio	10 mg
Manganeso	0.35 mg
Zinc	0.28 mg
Cobre	0.2 mg
Vitamina A – retinol	300 mg
Vitamina B – tiamina	96 mg
Vitamina B12 – riboflavina	55 mg
Vitamina C – ácido ascórbico	30 mg
Vitamina B5 – niacina	0.5 mg

Fuente: (Chamba, 2008)

En cuanto a la composición química del camote va existir una gran diferencia, dependiendo de la variedad de este así como su grado de madurez., condiciones de clima y suelo además de los periodos y condiciones de su conservación. En la tabla 5-1 puede observarse la composición química de 15 variedades de camote que en la actualidad se encuentran en etapa de investigación, cuyos estudios han sido realizados en el laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP que se encuentran ubicados en Quito-Ecuador.

Tabla 5-1: Análisis proximal en raíces de 15 variedades de camote

Variedad	Humedad %	Grasa%	% Cenizas	% Proteína	% Fibra	ELN*	pH
INA	77.45	6.82	5.40	1.8	3.76	4.77	7.0
Morado Ecuador	72.06	15.08	5.19	2.0	2.91	2.76	7.0
CC 89-213	72.74	2.57	3.83	0.8	6.4	13.66	6.8
Jonathan	75.07	0.97	4.82	1.9	2.73	14.51	7.2
Zapallo	74.31	0.16	3.60	1.6	4.63	15.70	7.2
Jewell	75.82	6.66	4.96	1.6	2.5	8.46	6.8
Mohc	69.34	0.48	4.85	1.9	2.61	20.82	7.1
Toquecita	75.39	13.92	3.69	1.1	2.67	3.23	7.0

Satsumahikari	72.10	3.10	4.31	1.6	3.14	15.75	7.0
Philipino	76.53	1.58	6.38	1.9	3.32	10.29	7.0
Morado Brasil	77.85	1.13	7.37	3.3	5.32	5.03	6.8
Guayaco morado	72.84	1.25	4.11	2.8	3.19	15.81	6.8
Tena	69.59	10.51	3.30	1.6	3.31	11.69	6.9
Crema	72.09	16.63	5.12	1.8	3.66	0.70	7.0
Anaranjado	71.85	0.83	3.52	3.3	4.12	16.32	7.0

Fuente: (INIAP, 2017)

Adaptado Por: CUADRADO, Edwin.2018

- **Beneficios para la salud sobre el consumo del Camote:**

Este importante tubérculo gracias a su valor nutricional presenta una serie de beneficios tanto para la salud humana como animal entre los que podemos citar algunos como se puede observar en la tabla 6-1:

Tabla 6-1: Beneficios para la salud sobre el consumo de Camote

Beneficios para la salud sobre el consumo de Camote
<ul style="list-style-type: none"> • Al ser rico en vitamina E contribuye a disminuir los riesgos de padecer cualquier tipo de cáncer y problemas del corazón. • Gracias a su alto contenido de potasio permite normalizar la hipertensión arterial • Contribuye a deshacerse de los residuos tóxicos que se encuentran presentes en el organismo facilitando así la evacuación. • Muy útil a la hora de combatir inflamaciones intestinales de cualquier tipo además de que ayuda a sanar úlceras. • Mejora la circulación • Gracias a su aporte de ácido fólico es un alimento recomendable para el embarazo ya que provee una dieta equilibrada. • Al tener un alto contenido de vitamina A es un alimento recomendable para la vista incluso más que la zanahoria • Debido a su contenido de poli fenoles ayuda en el padecimiento en casos de artritis reumatoide y artrosis disminuyendo la inflamación. • Es muy utilizado para tratamientos de leucemia y anemia por su alto contenido de vitaminas y carotenos.

Fuente: (Enciclopedia Ilustrada, 2018)

- **Producción de Camote en el Ecuador**

Según estudios realizados por la INIAP, se ha determinado que las principales zonas de producción de camote en el Ecuador se da en la Costa, Sierra y Amazonia. Se menciona que según datos estadísticos del MAGAP en el año 2009 la superficie cultivada de camote fue alrededor de 1147 hectáreas (ha) con una producción de 3613 toneladas por m², correspondiendo a la Sierra un 42 %, Costa 47% y en la Amazonia un 11%; dándose la mayor producción de esta raíz tuberosa en la Costa Ecuatoriana en las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena (INIAP, 2017, p. 10).

A continuación en la tabla 7-1 se muestra la producción de camote por regiones y provincias del Ecuador en el año 2009:

Tabla 7-1: Producción de camote por regiones y provincias del Ecuador en el año 2009

Región / Provincia	Superficie (Ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Producción (t)
Sierra	505		1519
Azuay	27	3370,37	91
Bolívar	19	3578,95	68
Cañar	50	4120	206
Carchi	8	2250	18
Chimborazo	29	3379,31	98
Cotopaxi	28	3535,71	99
Imbabura	80	2275	182
Loja	52	2019,23	105
Pichincha	210	3071,43	645
Tungurahua	2	3500	7
Costa	501	1689	3371,26
Esmeraldas	-	-	-
Manabí	396	1266	3196,97
Los Ríos	-	-	-
Guayas	100	405	4050
Los Tsachilas	-	-	-
El Oro	-	-	-
Santa Elena	5	18	3600
Amazonia	141	234	1659,57
Morona Santiago	55	171	3109,09
Napo	8	22	2750
Pastaza	78	212	2717,95
Zamora Chinchipe	-	-	-
Total Republica	1147	3442	3000,87

Fuente: (Cruz y Vargas, 2011)

Adaptado Por: Cuadrado, Edwin.2018

1.3.1.2. Almidón

El almidón es considerado quizás como el polímero natural más importante y una de las fuentes de energía con mayor proporción que existe, mismo que se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza siendo de origen natural, además de que puede ser extraído de varias fuentes como son las raíces, tubérculos, frutas, semillas, etc.; siendo además el polisacárido más utilizado en la industria alimenticia por su costo relativamente bajo y su gran versatilidad.

Desde el punto de vista químico, es un polímero formado por residuos de D-glucosa que se encuentran unidos por medio de enlaces glucosídicos, siendo el principal polisacárido de reserva

energética de los vegetales sirviendo como fuente de almacenamiento para la glucosa a partir de la cual puede ser movilizadada con fines metabólicos por medio de degradación enzimática además de que se encuentra almacenado principalmente en raíces y tubérculos (Geissman, 1973, p.567).

En la actualidad este carbohidrato por sus características nutricionales y múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es de suma importancia, que desde sus inicios ha constituido una parte fundamental en la dieta alimenticia del hombre considerado después de la celulosa probablemente el segundo polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial (Badui ,2006, p. 81),

Siendo la principal fuente de calorías consumidas por los seres humanos por vía alimenticia son relativamente pocas las plantas de las cuales se obtiene en gran escala. Entre los almidones más comunes que se encuentra ampliamente distribuidos entre los alimentos tenemos las semillas de granos de cereales como trigo, maíz, arroz, avena y cebada, en tubérculos como la patata, raíces como la mandioca, batata, arrurruz, en semillas de leguminosas como lentejas, frijoles, frutas como plátanos verdes, manzanas verdes, tomates verdes, troncos como la palma de sapo y hojas como el tabaco (Aristizábal et al Sapiens, 2007, p.48).

1.3.1.3. Estructura química del almidón

Estructuralmente los gránulos de almidón está conformado por una mezcla de dos polisacáridos químicamente diferentes: la amilosa generalmente el menor componente la cual presenta una estructura lineal conformada de 250-300 unidades de 1,4 α - D-glucopiranososa en forma helicoidal y otra de estructura ramificada que es la amilopectina conformada de 1000 o más unidades de 1,4 α - D-glucopiranososa con casi un 4% de 1,6 α - D-glucopiranososa en los puntos de ramificación (AHMED, p. 31).

- **Amilosa**

Es considerado como un polímero de estructura lineal, compuesto por unidades de D-glucosa unidas a través de enlaces glucosídicos α - D-(1-4), sin embargo algunas moléculas de amilosa tienen aproximadamente de un 0,3-05 % de enlaces α -(1-6) en los puntos de ramificación (AHMED, 2005 p.31).

Un atributo bien conocido sobre la amilosa que posee es su capacidad para formar un gel después de que el gránulo de almidón haya sido cocido (gelatinizado y pegado). Esta propiedad es evidente en el comportamiento de ciertos almidones que contienen amilosa, como el almidón de maíz, trigo, arroz y en particular el almidón de maíz con un alto contenido de amilosa aislado de las

plantas híbridas de maíz y generalmente son considerados como almidones gelificantes. En la figura 3-1, se muestra un esquema de la estructura de la cadena de la amilosa (Hernández et sapiens, 2008, p.1).

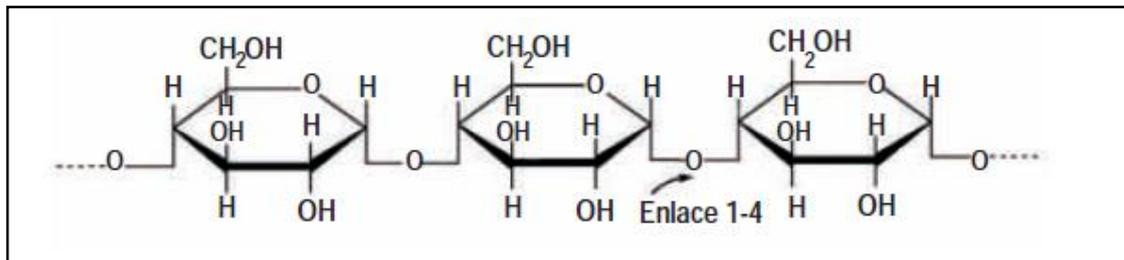


Figura 3-1: Estructura química de la amilosa

Fuente: (Aristizábal et al, 2007)

- **Amilopectina**

La amilopectina es un polímero con un alto peso molecular, altamente ramificado constituido por unidades de glucosa enlazadas de igual forma por uniones α 1-4 pero con numerosas ramificaciones probablemente al azar por medio de enlaces α 1-6. A diferencia de la amilosa, la amilopectina es la molécula predominante en la mayoría de los almidones naturales (Gutiérrez, 2000, p.86). En la figura 4-1 se puede observar un esquema de la estructura química que presenta la amilopectina

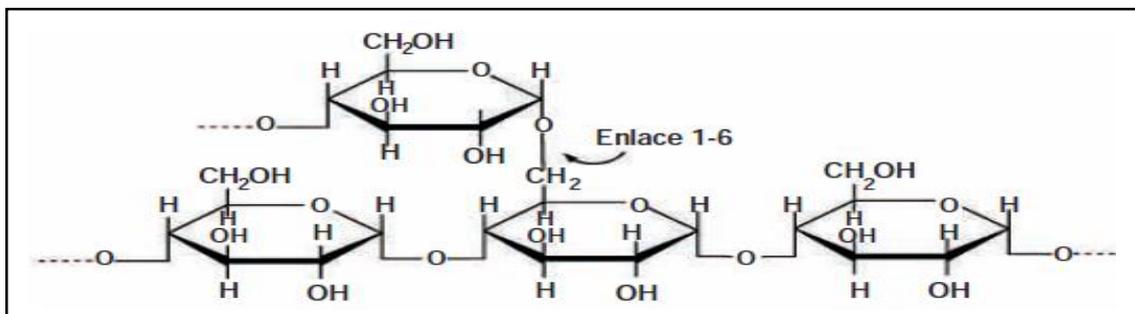


Figura 4-1: Estructura química de la amilopectina

Fuente: (Aristizábal et al, 2007)

Como se puede apreciar en la tabla 8-1 se muestran varias de las propiedades que poseen los componentes que conforman a la estructura del almidón, las cuales se mostraran a continuación:

Tabla 8-1: Propiedades de los componentes de almidón

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura	Lineal	Ramificada
Longitud promedio de la cadena	Aprox. 1000	20-25
Peso molecular	40000 hasta 10^6	2000000 hasta 10^6
Grado de polimerización	Aprox. 1000	10000 – 100000
En solución	Hélice extendida o enrollada	Esfera irregular
Estabilidad en soluciones acuosas	Retrógrada	Estable
Acomplejamiento	Con facilidad	Con dificultad

Retrogradación	Rápida	Muy lenta
Gel	Firme e irreversible	Suave y reversible
Formación de complejos	Favorable	Desfavorable
Patrón de rayos X	Cristalino	Amorfo
Digestibilidad de la β -amilosa	Casi completa	Cerca de 60 %
Reacción con yodo	19-20%	5-9 %
Color con la solución de yodo	Azul profundo	Violeta
Longitud de onda máxima (nm)	Aprox. 660	530-550

Fuente: Aristizábal et al, 2007(Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163)

Adaptado por: Edwin Cuadrado, 2018

1.3.1.4. Composición química del almidón

Según Moorthy, (2002) citado por Narváez (2013, p.37), menciona que existe una variación en cuanto al porcentaje de humedad con valores que van desde 10 hasta 12 % en cereales, mientras que almidones provenientes de raíces y tubérculos la humedad varía de entre 14 a 19 %, además de que un mayor contenido de humedad afectará la calidad del almidón por daño microbiano.

La composición química de los almidones comerciales por lo general dependerá de la fuente botánica de la que el almidón proviene. En la tabla 9-1 se muestra la composición química de diferentes almidones que nos permite visualizar su relación amilosa/amilopectina.

Tabla 9-1: Composición química de diferentes almidones

Almidón	Humedad (%)	Proteína Cruda (%)	Grasa Cruda (%)	Fibra Cruda (%)	Cenizas (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Arroz	-	0,45	0,80	-	0,50	7	93
Batata	9,83	0,22	0,31	0,28	0,26	19,6	98,93
Maíz	9,90	0,10	0,35	0,62	0,06	28,3	79
Maíz céreo	13,00	0,25	0,20	-	0,07	1-3	97-99
Malanga	8,99	0,16	0,19	0,35	0,12	23,6	76,4
Mango	7,71	0,35	3,34	-	1,30	25-30	70-75
Ñame	11,60	0,33	0,05	0,54	0,43	27,50	72,50
Ocumo Chino	9,47	4,57	0,33	0,78	0,19	12,69	87,31
Papa	19,00	0,06	0,05	-	0,40	21	71,7
Plátano	12,90	2,03	2,20	-	1,30	25-30	70-75
Sagú	10,50	0,64	0,36	0,06	0,22	17	77,3
Sorgo	13	0,30	0,70	-	0,08	25	75
Trigo	14	0,40	0,80	-	0,15	17-32	68-83
Yuca	9,48	0,06	0,20	1,01	0,29	22,7	83

Fuente: González, 2012 (Desarrollo de Productos con alto contenido de almidón para la industria de alimentos)

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

1.3.1.5. Clasificación del almidón

Los almidones se clasifican básicamente en:

- **Almidones naturales o nativos:**

Este tipo de almidones son muy utilizados debido a sus propiedades reguladoras y estabilizantes mejorando así la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo su estructura puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso como (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Bello et al, 2002, pp. 2-3).

- **Almidones modificados:**

Este tipo de almidones son utilizados para mejorar la viscosidad, estabilidad durante el almacenamiento, integridad de las partículas, parámetros de elaboración como la textura, aspecto y emulsificación; aunque a pesar de la diversidad de almidones modificados tienen una aplicación dentro de la industria alimentaria, los almidones sustituidos y los que tienen enlaces intermoleculares son esencialmente importantes (FAO, 1999, p. 76).

En la tabla 10-1 se puede observar los distintos tipos de almidones que existe en la industria química.

Tabla 10-1: Tipos de Almidones modificados

Almidón modificado	Propiedades Funcionales
Blanqueado	Oxidado-aviva el color, esteriliza
Convertido (a) Ligera cocción (b) Dextrinas (c) Oxidado	Hidrolizado – reduce la viscosidad Fluidez Puede tostarse en seco Cremoso, de cuerpo corto
Con enlaces intermoleculares	Consolida el gránulo Aumenta la viscosidad Resiste la acidez Confiere resistencia al corte Penetración del calor
Estabilizado	Resiste la retrogradación Estabilidad a las bajas temperaturas

Fuente: FAO, 1999

1.3.1.6. Propiedades del almidón

Según González (2012, p. 11) menciona que existen gran variedad de propiedades que el almidón posee, que determinaran la manera en que este deberá ser tratado, dependiendo el uso que se le dé entre las que podemos encontrar las propiedades funcionales y fisicoquímicas que se muestran a continuación:

- **Propiedades Funcionales**

Estas propiedades van a depender directamente de la proporción que existe de amilosa/amilopectina presente en el almidón, por lo que para poder apreciar el potencial industrial y alimenticio de este polisacárido es fundamental el comprender las propiedades funcionales del mismo. Dentro de las características funcionales más importantes de los almidones tenemos: la solubilidad, capacidad de adsorción de agua, poder de hinchamiento, retrogradación, propiedades de la pasta como son la viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad, resistencia al corte, formación de película, digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación (González, 2012, p. 11).

Tabla 11-1: Propiedades Funcionales

Propiedad	Descripción
Solubilidad	Los almidones al dispersarse fácilmente en agua fría formando suspensiones moderadamente estables, además de señalar que almidones que presentan un elevado peso molecular exhiben una limitada solubilidad en agua fría y su índice de solubilidad muestra una correlación con el índice de adsorción a la misma temperatura; de igual manera almidones con un gran contenido de amilosa presentan una mayor solubilidad en agua fría que almidones céreos y este comportamiento están relacionado con el tipo de estructura de los almidones
Capacidad de Adsorción de agua e Hinchamiento	Al producirse un incremento de temperatura, la capacidad de adsorción al igual que el poder de hinchamiento del gránulo va a incrementarse, produciendo así un comportamiento similar al de la solubilidad

Fuente: (González, 2012, pp.12-13)

- **Propiedades Físicoquímicas**

Dentro de las propiedades físicoquímicas encontramos la gelatinización, retrogradación mismas que se les considerada como las más importantes para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos u otras aplicaciones industriales.

- **Gelatinización**

(Cambero, 1998, p. 92) menciona que los gránulos de almidón al ser insolubles en agua fría pueden absorber cierta cantidad de agua ocasionando así un pequeño hinchamiento, sin embargo al haber un aumento en la temperatura, las moléculas vibran con fuerza rompiendo los enlaces intermoleculares y estableciendo puentes de hidrogeno con el agua provocando un hinchamiento acompañado de un descenso del número y el tamaño de la regiones cristalinas, como lo demuestra la pérdida de birrefringencia y la naturaleza de la difracción de rayos x ; durante este momento la viscosidad de la solución aumenta considerablemente ya que con el hinchamiento, los gránulos se adhieren unos a otros donde la disolución puede llegar a tener incluso aspecto de una pasta; por lo que si se prolonga el tratamiento térmico, los gránulos ejercen una fuerte presión unos con otros y pueden llegar a romperse si se agita la disolución, lo cual provoca una disminución de la

viscosidad. En este momento desaparece la birrefringencia y se conoce como punto o temperatura de gelatinización.

- **Retrogradación**

Es un proceso complejo que se da cuando las cadenas de los polímeros agregados en el gel producen una cristalización, es decir cuando la pasta de los almidones es enfriada; el cual ocurre durante tres etapas: la primera al producirse una dilatación de las cadenas debido al rompimiento de los enlaces intermoleculares que mantienen la configuración helicoidal, pérdida del límite de agua seguida de una reorientación molecular y por último una formación de enlaces de hidrógeno entre moléculas vecinas formando así una estructura cristalina.

1.3.1.7. Método de extracción de almidón

Para la realización del proyecto de diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón de camote primeramente se llevó a cabo lo que es una revisión bibliográfica para determinar cuál es la metodología más adecuada para llevar a cabo el proceso de extracción de almidón, en donde según diversas investigaciones los métodos más utilizados para la extracción de almidón son los métodos por vía húmeda y vía seca los cuales se describirán a continuación.

Tabla 12-1: Métodos de extracción de almidón

Método	Descripción
Extracción por vía seca	Consiste primero en la selección de la materia prima, seguido de un proceso de lavado y pelado de la materia prima por medio de la cual se eliminara la tierra y toda clase de impurezas que pudiesen estar adheridas a la misma, posteriormente se someterá a un proceso de secado y por último esta se someterá a un proceso de molienda del fruto obteniendo de este proceso una harina para su posterior tamizado y obtención del almidón.
Extracción por vía húmeda	Primero se da la selección de la materia prima seguido de un proceso de lavado y pelado de la materia prima por medio de la cual se eliminara la tierra y toda clase de impurezas que pudiesen adherirse, seguido de esto se somete a un proceso de reducción de tamaño y trituración con un volumen determinado de agua para así facilitar la liberación de los gránulos de almidón y separarlo de aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes como la fibra y proteína, seguido de esto se someterá a un proceso de filtración o colado por medio del cual se separara la lechada contiene el almidón del afrecho constituido por restos de la pulpa, posteriormente se somete la lechada obtenida a un proceso de sedimentación con la finalidad de separar el almidón por efecto de la gravedad, después se facilitara la eliminación de agua por decantación y finalmente someter el almidón a el proceso de secado con el fin de eliminar la humedad presente en el sólido húmedo para posteriormente someterse a un proceso de molienda, tamizado y finalmente ser empacado y almacenado para su venta comercial.

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2019

La elección de trabajar con la metodología de extracción de almidón por vía húmeda no solo se debe de que es la metodología más aplicada a nivel industrial y la más utilizada según la bibliografía revisada sino del hecho de que por medio de la extracción por vía seca no se logra producir la liberación de los gránulos de almidón ya que no se produce el rompimiento de las paredes celulares que es lo que permite separar los gránulos de almidón contenidos y separar del resto de componentes de la materia prima como son la fibra y proteína, los cuales si se logran separar por medio del método por vía húmeda.

En la figura 5-1 se muestra un esquema del proceso de extracción de almidón por vía húmeda siendo el método de extracción más utilizado a nivel industrial en el que se puede observar cada una de las etapas y las operaciones unitarias que se llevan a cabo para la obtención del producto final comenzando desde la recepción de a materia prima , lavado y el pelado, el proceso de trituración para liberar los gránulos del almidón, la filtración para separar el afrecho de la lechada del almidón, la sedimentación donde el almidón se separa depositándose en el fondo del recipiente y la eliminación de las aguas residuales por medio de la decantación , el secado del almidón obtenido donde se eliminara el porcentaje de humedad presente en el sólido húmedo , la molienda, tamizado y por último el almacenamiento.

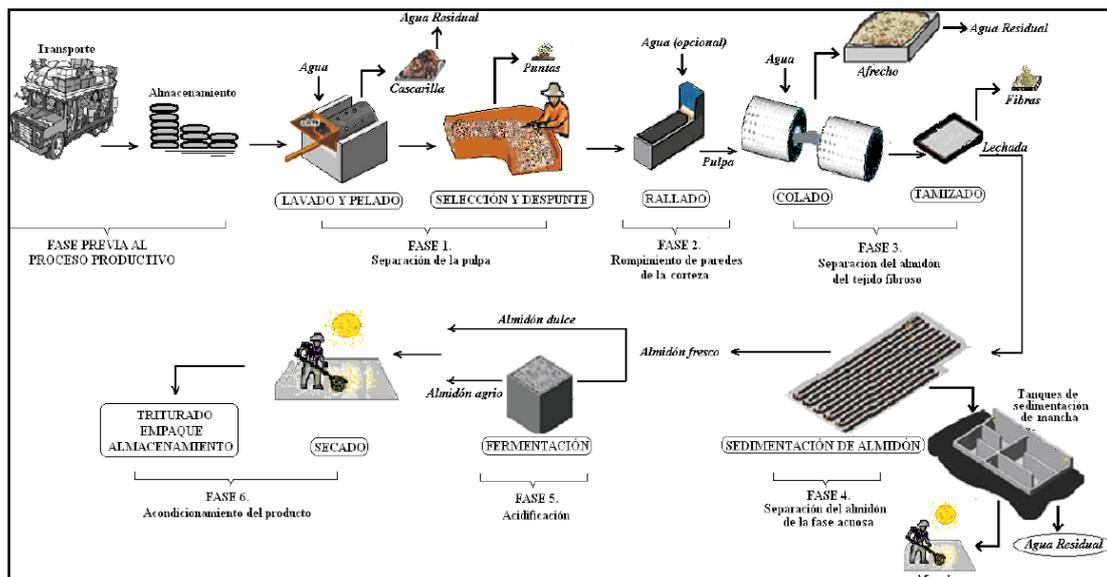


Figura 5-1: Esquema general del proceso de extracción de almidón

Fuente: (Flores et al, 2010. p.30)

1.3.1.8. Importancia de los Almidones en la Industria

Debido a la demanda existente en el mercado en la actualidad surge la necesidad del buscar nuevas fuentes como alternativas para la obtención de almidón, que permita ampliar la gama de usos dentro de la industria, su importancia radica en que constituye una excelente materia prima con

una gran variedad de aplicaciones a nivel industrial no solo en la industria alimenticia sino también en la no alimentaria, sean estos almidones nativos o almidones modificados.

El desarrollo de la humanidad y del mundo va a depender del crecimiento industrial que se fomente e impulse, ya que hoy en día la industria juega un papel muy importante en el progreso de países tal es el caso de las potencias mundiales del mundo como EEUU, Alemania, Japón, China, etc. que son elevadamente industrializados mientras que en nuestro país la industrialización es muy baja y se ha visto en la necesidad de inversiones extranjeras que cubran las necesidades económicas del país (Brito, 2000).

La industria de almidón a nivel mundial hoy en día es una de las agroindustrias que dentro de la industria alimentaria juega un papel muy importante con una diversidad de usos como espesante, gelificante, estabilizante, además de servir como materia prima para usos específicos en el sector industrial en la elaboración de una gran diversidad de productos ; siendo el principal constituyente de una gran variedad de cereales y tubérculos y producido ampliamente en el país se debe buscar nuevas fuentes de extracción del mismo y que a su vez contengan un alto valor nutricional; permitiendo de esta manera fomentar un nuevo campo de mercado dando como resultado no solo la obtención de una nueva fuente de materia prima sino también creando puestos de trabajo y promoviendo a la creación de una nueva microindustria con posibilidades de expansión ya que contar con industrias en un país permitiría atraer mayores ingresos que los normalmente adquiridos al solo exportar materia prima.

Entre las materias primas que se pueden utilizar como nuevas fuentes de extracción de este polímero se puede mencionar las raíces y tubérculos que juegan un papel importante dentro de la alimentación además de que contribuyen a los requerimientos energéticos de millones de personas en los países en vías de desarrollo. Además que según estudios realizados, el proceso industrial de obtención de almidón a partir de tubérculos resulta más económico que aquel obtenido a partir de fuentes convencionales como el maíz, trigo, esto debido a que durante el proceso de extracción y procesamiento del almidón se aplica una menor fuerza mecánica (Hernández et al, 2008).

- **Aplicaciones del almidón en la Industria**

De entre las diversas industrias en las que esta valiosa materia prima puede ser ampliamente usada se puede mencionar las siguientes que se muestran a continuación en la tabla 13-1:

Tabla 13-1: Aplicaciones del almidón en la Industria

Industrias	Aplicaciones
• Industria Alimentaria	- Proporciona cuerpo, textura y estabilidad - Protector contra la humedad ya que los almidones absorben humedad sin apelmazarse. - Como agente coloidal ya que imparte textura, sabor y apariencia - Aglutinante - Emulsificantes - Estabilizador por su elevada capacidad de retención de agua
• Industria no Alimentaria	- Conservante en la industria de artes graficas - Dispersante mejorando la dispersión y estabilidad a altas temperaturas de los fluidos - Ligante para formar aglomerados de polvos finos - Absorbente en la preparación de jabones y detergentes - Diluyente en industrias de colorantes
• Industria de Edulcorantes	Al ser el almidón un polímero formado por miles de unidades de glucosa pueden obtenerse productos como: Malto dextrinas, jarabes de glucosa, dextrosa y fructosa cristalina y jarabes de alta fructosa.

Fuente: (Aristizábal et al, 2007, pp.59-63)

Adaptado por: Cuadrado, Edwin. 2018

1.3.2. Operaciones Unitarias para la obtención del almidón

Las operaciones más importantes para llevar a cabo el proceso de extracción de almidón de camote son las siguientes:

- **Lavado**

Consiste en la separación de los contaminantes que pudiesen presentarse en las materias primas y que pueden ser tierra, piedras, insectos o cualquier cosa ajena a los productos que se van a procesar y así evitar las complicaciones posteriores derivadas de la contaminación que la materia prima pudiera contener. Se lo realiza con abundante agua para eliminar bien la tierra y otros elementos. El agua debe estar limpia, de preferencia ser potable y contener algún tipo de desinfectante como cloro o yodo en bajas concentraciones (Gómez y Ortiz, p. 163).

- **Pelado**

Es el proceso que consiste en remover la piel del fruto con ayuda de un cuchillo o pelador de manera que se evite perder mucha pulpa, ya que esto influye en el rendimiento del producto final. En ciertos casos se utiliza el calor o algunos métodos químicos (Gómez y Ortiz, p. 163).

- **Filtración**

Consiste en la separación de las partículas sólidas, suspendidas en una mezcla solido-líquido haciendo pasar el fluido a través de un medio poroso (medio de filtración) o una pared separadora

sobre el que se depositen y puedan ser retenidos los sólidos dejando pasar así el líquido (Brito, 2001, p.24)

- **Sedimentación**

La sedimentación es una operación unitaria consistente en la separación de las fases sólida y líquida de una suspensión diluida en el que las partículas que se encuentran suspendidas en cualquier tipo de disolución y por efecto de la fuerza de gravedad son depositadas en el fondo del recipiente (Machuca y Hérvas, 2014, p.38).

- **Secado**

Dentro del sector industrial el proceso de secado es una operación unitaria que juega un papel de gran importancia, encontrándose en la mayoría de las industrias como por ejemplo en la industria alimenticia, química, cerámica, metalúrgica, etc.; proceso a través del cual se puede separar parcial o totalmente la humedad presente en un sólido húmedo por medio de evaporación a través de una corriente gaseosa, el cual se lo realiza por medio de convección de un fluido caliente que atraviesa al producto eliminando de esta manera la humedad presente en este, esta operación implica transferencia de calor y masa de manera simultánea.

La humedad separada por lo general es vapor de agua y el gas empleado para el proceso de secado es una corriente de aire, Esto significara que durante el proceso de secado habrá una disminución del contenido de humedad presente en el sólido y una pérdida de peso desde el valor inicial al final (Brito, 2001).

- **Curvas de secado**

Son las curvas construidas a partir de datos experimentales recolectados durante el proceso de secado y que proporcionan información sobre la velocidad de secado de un alimento bajo determinadas condiciones.

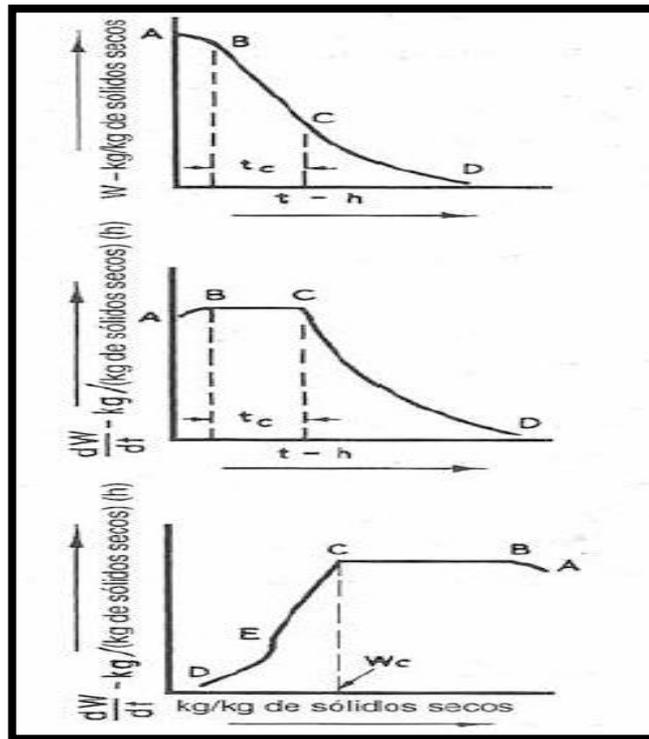


Figura 6-1: Curvas de secado de un sólido húmedo
Fuente: (Brennan et al, 1998)

- **Periodos de Secado**

Para cualquier tipo de instalación que se desee emplear, para determinar la capacidad del equipo o bien su tiempo de secado es necesario realizar ensayos de velocidad de secado del material. El proceso de secado se caracteriza por dividirse en tres fases: la primera fase de estabilización, fase de velocidad de secado constante y la fase de velocidad de secado decreciente, siendo estas dos las más importantes (Brito, 2001).

- **Periodo de estabilización A-B**

En este periodo las condiciones de la superficie del solido se equilibran con las del aire de secado (Brito, 2001).

- **Periodo de velocidad constante B-C**

Durante este periodo la superficie del solido se mantiene saturada de agua líquida, debido a que la migración del agua, desde el interior del solido hacia la superficie, transcurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie; produciéndose el desplazamiento del vapor de agua desde la superficie saturada a través de una delgada capa de aire estático, hasta la corriente de aire principal. Durante esta fase la velocidad de transferencia de masa se equilibra con la

velocidad de la transmisión de calor, de forma que la temperatura de la superficie de secado se mantiene constante (Brennan et al, 1998).

- **Periodo de velocidad decreciente C-D**

Durante el transcurso del proceso de secado, se alcanza un punto en el que la velocidad de desplazamiento del agua desde el interior del producto hasta la superficie, se reduce en un nivel tal que la superficie comienza a secarse. En este punto C, la velocidad de secado comienza a descender comenzando así el periodo de velocidad decreciente, el contenido de agua en el producto cuando se alcanza ese punto se lo conoce como humedad crítica.

A partir del punto de humedad crítica, la temperatura de la superficie comienza a elevarse, elevación que continua a lo largo del secado hasta aproximarse a la temperatura de bulbo seco del aire, cuando el producto se acerque al estado de deshidratación (Brennan et al, 1998).

- **Humedad**

Se entiende por humedad de un sólido el contenido o el peso de agua presente en un sólido seco.

El contenido de humedad de un sólido puede ser expresado de dos maneras: contenido de humedad en base seca y en base húmeda. Aunque en los cálculos de secado es más conveniente referir la humedad en base seca, debido a que esta permanece constante a lo largo de la etapa de secado (Brito, 2001).

- Ecuación para el cálculo de la humedad en base seca

$$X_{BS} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}} \quad \text{Ecuación 1-1}$$

Donde:

X_{BS} = Humedad en base seca

P_{SH} = Peso del sólido húmedo

P_{SS} = Peso del sólido seco

- Ecuación para el cálculo de la humedad en base húmeda

$$X_{BH} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SH}} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

- **Cinética del Secado**

La velocidad de secado se la define como la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo y de manera más exacta por el cociente diferencial $\left(-\frac{dX}{d\theta}\right)$ operando en condiciones de secado constante es decir con aire que en condiciones como (temperatura, presión, humedad velocidad) permanece constante con el tiempo (Brito, 2001).

- Ecuación para el cálculo de la velocidad de secado

$$W = \frac{S}{A} * \left(-\frac{\Delta X}{\Delta \theta}\right) \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Dónde:

S =Peso del sólido seco (Kg)

A =Área de la superficie expuesta (m²)

ΔX = Variación de la humedad

$\Delta \theta$ = Variación del tiempo (h)

W = velocidad de secado (Kg/h-m²)

- Ecuación para el cálculo de la variación del tiempo ($\Delta \theta$)

$$\Delta \theta = \theta_n - \theta_{n-1} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Dónde:

θ = Tiempo (h)

$\Delta \theta$ = Variación del tiempo (h)

- Ecuación para el cálculo de variación de la humedad (ΔX)

$$\Delta X = X_n - X_{n-1} \quad \text{Ecuación 5-1}$$

Dónde:

X_n =Valor de humedad

X_{n-1} = Valor de humedad anterior

- Ecuación para el cálculo del tiempo de secado del Periodo Ante-crítico

$$\theta_a = \frac{S}{A} * \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right) \quad \text{Ecuación 6-1}$$

Dónde:

X_i = Humedad inicial (Kg H₂O/ Kgss)

X_c = Humedad crítica (Kg H₂O/ Kgss)

W_c = Velocidad antecrítica Kg/h-m²

θ_a = Tiempo antecrítico (h)

S = Peso del sólido deshidratado (kg sólido seco)

A = superficie expuesta (m²)

- Ecuación para el cálculo del tiempo de secado del Periodo post-crítico

$$\theta_p = \frac{S}{A} \left(\frac{X_c - X_f}{W_c - W_f} \right) \ln \frac{W_c}{W_f} \quad \text{Ecuación 7-1}$$

- Ecuación para el cálculo del tiempo total de secado es la siguiente:

$$\theta_t = \theta_a + \theta_p \quad \text{Ecuación 8-1}$$

Donde:

θ_a = Tiempo de secado en el periodo ante-crítico (horas)

θ_p = Tiempo de secado en el periodo post- crítico

θ_t = Tiempo total de secado

- **Molienda**

Es una operación unitaria cuyo objetivo es reducir el tamaño de una sustancia normalmente solida hasta convertirla en polvo mediante la trituration o el machaqueo sin alterar su naturaleza (Yaqué, 2014, p.79).

- **Tamizado**

Es una operación unitaria destinada a la separación por tamaños de las partículas de una mezcla sólida. El tamizado industrial los sólidos se sitúan sobre la superficie del tamiz siendo los de menor tamaño los que pasan a través del tamiz mientras que los de mayor tamaño quedan retenidos (McCabe et al, 1991, p.988).

1.3.3. Diseño

➤ Diseño del proceso

El diseño del proceso establece la metodología a implementar de acuerdo a las actividades productivas en función del tipo de producto a elaborar y condicionado por las tecnologías seleccionadas para llevar a cabo dichas operaciones,

• Diagrama del proceso de obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea batatas L.*)

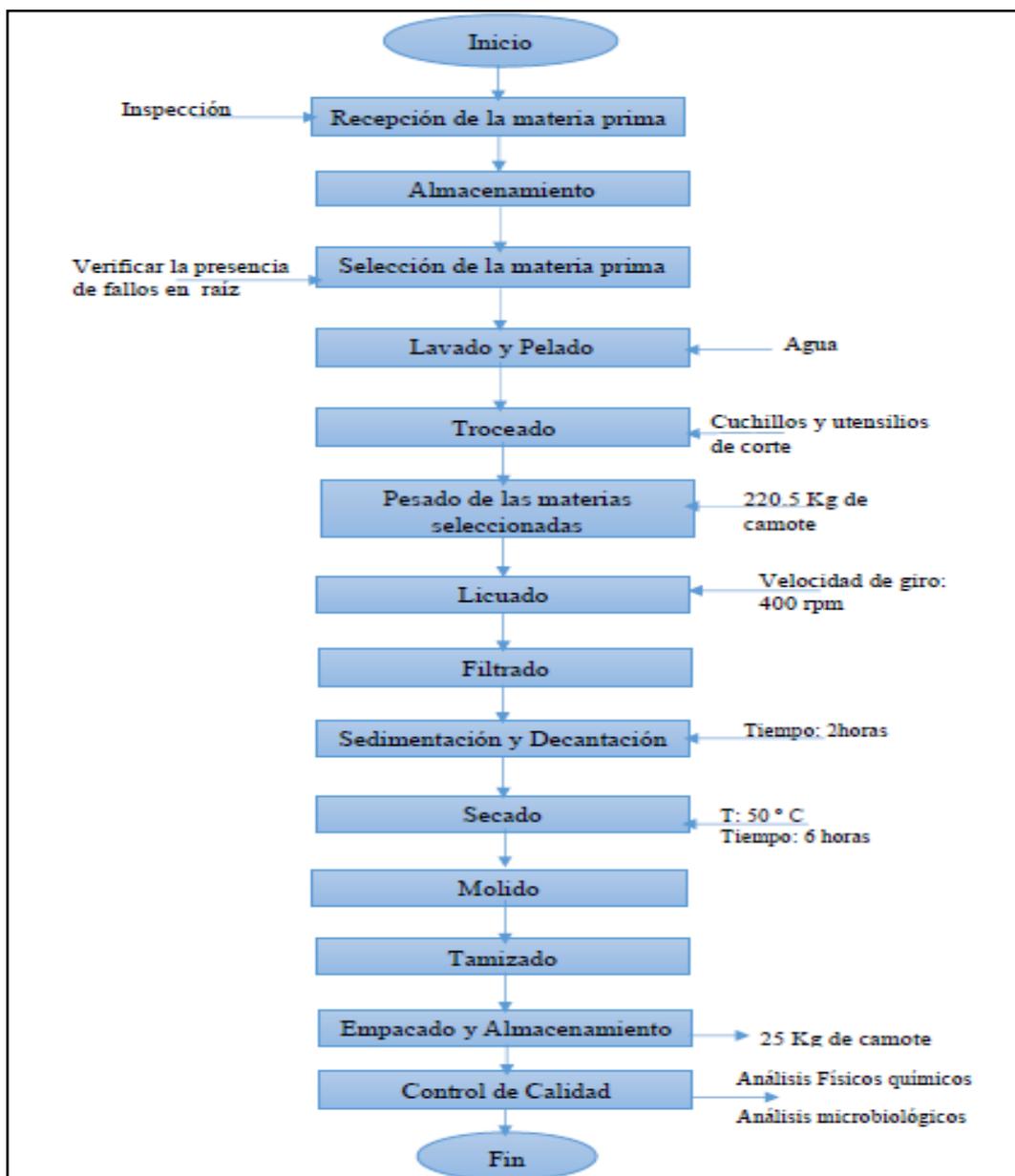


Figura 7-1: Diagrama de flujo del proceso de la obtención de almidón

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2019

➤ Descripción del proceso de obtención de almidón de camote

En la tabla 14-1 se muestra las operaciones unitarias involucradas en el proceso de obtención de almidón de camote.

Tabla 14-1: Descripción del proceso de obtención de almidón de camote

Operaciones	Descripción
Recepción de materia prima	Para comenzar con el proceso de extracción de almidón se da inicio con la recepción del camote, el cual deberá ingresar en condiciones óptimas, es decir libre de cualquier cuerpo extraño que no forme parte del tubérculo.
Lavado y pelado	Mediante el proceso de lavado se busca eliminar la tierra o las impurezas que pudiesen estar adheridas a las raíces con abundante agua, para lo cual el agua empleada para esta operación deberá ser de calidad potable. La cascarilla será desprendida por fricción de unas raíces con otras durante el proceso de lavado. Normalmente las pérdidas que ocurre durante el lavado son de un 2 a 3 % del peso de las raíces frescas. De acuerdo al volumen procesado de almidón de camote se puede realizar de manera manual o mecánica el lavado y pelado, tratando de buscar un balance entre productividad, calidad y costos.
Troceado	Según estudios existentes se propone pelar las raíces es decir eliminar la cáscara de cada uno de ellos con una cuchilla o peladora, pero esto resulta una operación de difícil ejecución debido a la forma irregular que presentan las raíces por lo que las raíces pasan a un proceso de troceado que consisten en partir las raíces de camote en pequeños fragmentos generalmente de forma irregular, proceso que se llevara a cabo de manera manual utilizando cuchillos de corte u otros utensilios evitando maltratar la pulpa y dejándolo de esta manera libre para su posterior tratamiento en la etapa de desintegración o molido.
Molienda o desintegración	Se realiza una molienda en una licuadora industrial con el objetivo de desmenuzar las raíces y romper las paredes celulares liberando así los gránulos de almidón contenido dentro del tubérculo de camote, obteniendo de esta manera una pasta homogénea compuesta de fibras, jugo de camote y almidón, donde a la piel y a las fibras se les conoce como pulpa mientras que al jugo y el almidón de las raíces de camote se le conoce como lechada. La eficiencia de esta operación determinara en gran parte el rendimiento total de almidón en el proceso de extracción; ya que si el molido no es suficiente, no se lograra separar totalmente los gránulos de almidón de las fibras y demás componentes presentes en la raíz y por lo tanto el rendimiento del almidón será bajo ya que habrá una pérdida alta de almidón en el afrecho desechado. Por otro lado si el proceso de molienda es demasiado fino los gránulos de almidón sufrirán daño físico y más tarde un deterioro enzimático.
Filtración	Una vez obtenida esta masa pastosa esta pasará a través de un filtro cuya función será el de separar la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón, extrayendo de esta manera la lechada de la cual saldrá el almidón más adelante.
Sedimentación	Cuando el camote es lavado y colado se obtiene almidón y fibra fina. Se utilizaron recipientes para separar los gránulos de almidón de la lechada. El cual se ira sedimentando separándose así el almidón del líquido sobrenadante , para lo cual se dejara reposar durante

	un tiempo de unas 3 horas, tiempo en el cual se obtendrá el almidón sedimentado en la parte inferior del tanque.
Secado	En esta etapa del proceso se debe deshidratar el almidón húmedo obtenido durante las etapas anteriores por medio de la exposición al calor una vez que se haya recolectado todo el almidón obtenido durante la etapa de sedimentación de los tanques de una manera higiénica y saludable. Para lo cual se utilizara un secador de bandejas industrial en el que la eliminación de la humedad presente se realizara por medio de la exposición del material húmedo al aire caliente a una temperatura de secado de 50 ° C.
Molienda y Tamizado	Una vez secado el almidón obtenido este será recogido y se procederá a introducir en un molino con el fin de reducir el tamaño debido a que durante la etapa de secado se obtiene una fracción gruesa y luego de esto procederá a la etapa de cernido o tamizado con el fin de obtener un grano más fino y una muestra homogénea.
Empaque y Almacenamiento	Una vez extraído, pulverizado y con una humedad de 11 % el almidón será almacenado en fundas de polietileno y se deberá guardar en un lugar seco y fresco para su posterior control y verificar que la calidad del producto este dentro de los parámetros y cumpla con las necesidades para poder salir a la venta pública.
Control de calidad	Una vez obtenido el almidón se realizara unas series de pruebas fisicoquímicas con el fin de evaluar la calidad del producto obtenido y así determinar si se encuentra en condiciones aptas para salir al mercado, basados en los análisis fisicoquímicos para almidón de yuca debido a que no existe una norma establecida.

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

➤ **Diseño del proceso para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea batatas* L.)**

Para la obtención de almidón a partir de camote, se realizaron análisis a la materia prima para determinar su composición química en el cual se determinó que el mayor componente del tubérculo es la humedad con un 67.78 %, se procedió a efectuar las operaciones unitarias que se muestran en la figura 3-1 que se llevaron a cabo para la obtención del almidón, comenzando desde la recepción de la materia prima, seguido del lavado, el pelado, licuado para liberar los gránulos del almidón, la filtración para separar el afrecho de la lechada que contiene el almidón, sedimentación y decantación para la obtención del almidón, el secado donde se eliminara el porcentaje de humedad presente en el sólido húmedo, la molienda, tamizado y por último el almacenamiento del producto para su posterior análisis. Además de que se pudo identificar más las variables importantes a controlar como son la temperatura de almacenamiento del producto, tiempo de licuado, tiempo de sedimentación, temperatura de secado y el tamaño del granulo.

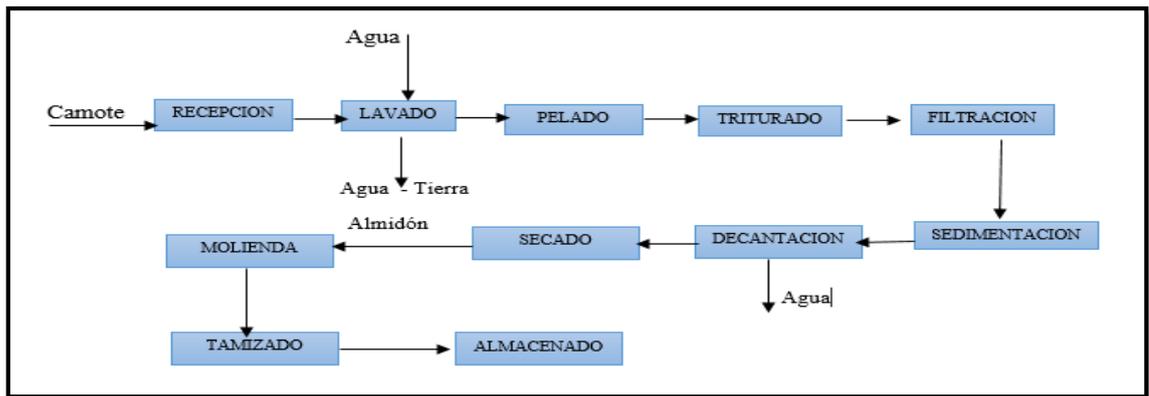


Figura 8-1: Diagrama de bloques de las operaciones unitarias

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2019

De acuerdo con la cantidad utilizada en obtención del producto a escala de laboratorio, se puede proyectar a escala industrial y a su vez diseñar los equipos que serán utilizados, dicho diseño será ajustado a una producción diaria la misma que procesará 250 kg de camote.

Para efectuar el diseño de la línea de producción, se utilizará como base los valores de las variables físicas involucradas en el proceso, mismas que fueron obtenidas durante los ensayos en el laboratorio, abarcando las dimensiones de los equipos, materiales, motor entre otros.

1.3.3.1. Ecuaciones para cálculos

➤ Diseño del bombo de lavado y pelado

Consistirá en la limpieza del tubérculo quitando el barro y cascarilla que poseen las raíces después de la cosecha. Esta operación se realizará con abundante agua, mediante fricción contra las paredes de la máquina y entre las raíces de camote.

Para el diseño se asume que se va a procesar 250 kg diarios.

✓ Capacidad Máxima

Ecuación para el cálculo de la capacidad máxima del bombo de lavado

$$M_t = M_c + M_w \quad \text{Ecuación 9-1}$$

Donde:

M_t: Masa total de carga (Kg)

M_c: Masa del camote (Kg)

M_w: Masa de agua (Kg)

En la industria el lavado de la materia prima es de vital importancia porque es el inicio del proceso para no alterar la calidad del producto final.

✓ **Capacidad Volumétrica del bombo**

Para el cálculo de la capacidad volumétrica que tendrá el bombo de lavado y pelado se utilizara la siguiente ecuación.

Ecuación para el cálculo de la capacidad volumétrica del bombo

$$V_t = V_c + V_w + V_g \quad \text{Ecuación 10-1}$$

Donde:

V_t : Volumen total de carga, m³.

V_c : Volumen del camote, m³.

V_w : Volumen de agua, m³.

V_g : Volumen de seguridad, m³.

✓ **Volumen del camote**

Para el cálculo del volumen que va a ocupar el camote en el tanque de lavado se utilizara la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c} \quad \text{Ecuación 11-1}$$

Donde:

m_c = Masa de camote

ρ_c = Densidad de camote

✓ **Volumen de Agua**

Para el cálculo del volumen de agua necesario se utiliza la real

$$V_w = \frac{m_w}{\rho_w} \quad \text{Ecuación 12-1}$$

✓ **Cálculo del Volumen de seguridad**

Para determinar el volumen de seguridad que debe tener el equipo, se asumirá un porcentaje de seguridad del 20 %, este rango será útil para evitar derrames en el proceso de lavado, para lo cual se empleara la siguiente ecuación.

Ecuación para el cálculo del volumen de seguridad

$$V_g = \frac{20}{100} * (V_c + V_w)$$

Ecuación 13-1

✓ Cálculo del Volumen total del bombo

Ecuación para el volumen del bombo de lavado y pelado

$$V_t = V_c + V_w + V_s$$

Ecuación 14-1

✓ **Cálculo para la altura del bombo**

Para poder girar el bombo, es necesario que la altura del tanque sea $\frac{3}{4}$ del diámetro del mismo, con esto se puede calcular las dimensiones del bombo de lavado.

Ecuación para la altura del bombo

$$V_b = \pi r^2 A$$

Ecuación 15-1

$$V_b = \pi * \left(\frac{2}{3}\right) A^3$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{3 * 0.85}{2\pi}}$$

✓ **Cálculo del Radio del bombo**

$$r = \frac{2}{3} A$$

Ecuación 16-1

✓ **Cálculo de la altura de las bases del bombo**

Es necesario que el bombo se encuentre a distancia del piso ya que esto permitirá su giro normal evitando el rozamiento, con esto el bombo debe estar separado del suelo un 20% del total de altura estas bases serán construidas de acero inoxidable y tendrán forma triangular, por lo que para las bases del bombo se tiene que:

Ecuación para el cálculo de la altura de la base del bombo

$$h_{b1} = 0.2h_b$$

Ecuación 17-1

✓ Cálculo del Peso de la estructura del bombo

Ecuación para el cálculo del peso de la estructura del bombo

$$P_b = V_e * \rho_a \quad \text{Ecuación 18-1}$$

✓ Cálculo del Peso del bombo con carga

Ecuación para el cálculo del peso del bombo con carga

$$P_{bh} = P_b + M_t \quad \text{Ecuación 19-1}$$

Donde:

P_b = Peso de la estructura del bombo

M_t = Capacidad Máxima del bombo

✓ **Cálculo de la velocidad de giro con el bombo vacío**

$$v_{giro} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * A_b \quad \text{Ecuación 20-1}$$

Donde:

D_b : Diámetro del bombo, m.

A_b : Aprovechamiento de la velocidad, %. Teniendo el máximo aprovechamiento de la velocidad en el 90%.

✓ **Cálculo de la velocidad de giro con el bombo cargado**

Ecuación para el cálculo de la velocidad de giro con el bombo cargado

$$rpm_c = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * \sqrt{2 \sqrt{\frac{m_t}{\pi * A_b}}} \quad \text{Ecuación 21-1}$$

Donde:

D_b : Diámetro del bombo, m.

M_t : Peso total del bombo, kg.

A_b : Longitud del bombo, m.

✓ **Cálculo de la potencia de diseño**

El valor de la potencia requerida para el impulsor nos indicara la fuerza necesaria para que las poleas se muevan sin dificultad a fin de que realice un lavado completo y efectivo para retirar la máxima cantidad de impurezas adheridas a la raíz.

Ecuación para el cálculo de la potencia de diseño

$$P_s = \frac{rpm_c * K_s}{973.8} \quad \text{Ecuación 22-1}$$

Donde:

P_s : Potencia del motor, Hp.

K_s : Factor de corrección

✓ **Cálculo del diámetro de la polea menor**

Ecuación para el cálculo del diámetro de la polea menor

$$d = D * i \quad \text{Ecuación 23-1}$$
$$d = D * \frac{rpm_c}{v_{giro}}$$

Donde:

d : Diámetro menor, m

D : Diámetro mayor, m

i : Relación de transmisión

✓ **Cálculo de la Longitud de la correa en V**

Ecuación para el cálculo de la longitud de la correa en V

$$L_v = 1.57(D + d) + 2 + \frac{(D-d)^2}{4} \quad \text{Ecuación 24-1}$$

Donde:

d : Diámetro menor, m

D : Diámetro mayor, m

✓ **Velocidad Tangencial**

Ecuación para el cálculo de la velocidad tangencial

$$V = \frac{D * \pi * rpm_c}{60} \quad \text{Ecuación 25-1}$$

✓ **Distancia entre centros de la polea**

Ecuación para el cálculo de la distancia entre centros de la polea

$$H = \frac{L_v}{4} - 0.3925(D - d) \quad \text{Ecuación 26-1}$$

✓ **Arco de contacto entre la polea y correa**

Ecuación para el cálculo del arco de contacto entre la polea y correa

$$\gamma = 180 - \frac{60(D-d)}{H + \sqrt{H^2 - \frac{(D-d)^2}{8}}} \quad \text{Ecuación 27-1}$$

✓ **Frecuencia de Flexiones**

Ecuación para el cálculo de frecuencia de flexiones

$$F = \frac{V * n * 1000}{L_v} \quad \text{Ecuación 28-1}$$

Donde:

N: Número de poleas, unidades

✓ **Esfuerzo Tangencial**

Ecuación para el cálculo del esfuerzo tangencial

$$E = \frac{75 * P_d}{V} \quad \text{Ecuación 29-1}$$

✓ **Par**

$$M_p = \frac{716.2 * P_d}{rpm_c} \quad \text{Ecuación 30-1}$$

✓ **Potencia a transmitir**

$$N = \frac{E_t * V}{75} \quad \text{Ecuación 31-1}$$

✓ **Eficiencia**

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ a\ transmitir}{Potencia\ de\ diseño} * 100$$

Ecuación 32-1

➤ **Diseño de las mesas de corte**

Las dimensiones de las mesas son escogidas en relación a lo que indica las normas de seguridad y salud ocupacional en el Ecuador, esto ayudará a preservar el ambiente de trabajo y asegura la salud de los trabajadores, permitiendo así mejor la productividad dentro de la planta, en la figura 3-1 se detalla las dimensiones de las mesas de trabajo para el corte.



Figura 3-1: Norma Técnica para el diseño de mesas de acero inoxidable para el corte de camote.

Fuente: (INSHT, 2016).

✓ **Cálculo del volumen de la mesa de corte del camote**

$$V_m = L_m \times a_m \times h_m$$

Ecuación 33-1

Donde:

L_m = Longitud de mesa (1.2 m)

a_m = ancho de mesa (0.60 m)

h_m = altura de las mesas de selección (0.25 m)

✓ **Cálculo de la Capacidad por mesa en kg**

$$0.18\ m^3 * \frac{980\ kg}{1\ m^3} = 176\ Kg\ por\ mesa$$

✓ **Cálculo del número de unidades por mesa**

Según el autor (Lardizábal, 2013), en el estudio técnico de la producción de camote recopila que el camote consiste de caballones triangulares de 90 cm de ancho, 25 cm de altura y un radio de 10 cm aproximadamente, en relación a esto se calculará el volumen.

$$V_c = \frac{1}{3}\pi r^2 h$$

Donde:

r: Radio del camote, m.

h: altura del camote, m.

V_c: Volumen del camote, m.

- ✓ Cálculo del número de Unidades por mesa

$$U_m = \frac{V_m}{V_c}$$

Ecuación 34-3

➤ **Diseño de la licuadora industrial**

La función del equipo será la de pulverizar y desintegrar las raíces con el fin de romper las paredes celulares para liberar así los gránulos de almidón.

Diseño de la carcasa para la carga del camote

- ✓ Cálculo de la cantidad de materia a procesar

$$m_p = m_c + m_{agua}$$

Ecuación 35-1

Donde:

m_c: Masa de carga, kg.

m_{agua} = Masa de agua, (kg)

- ✓ Cálculo de la cantidad de volumen a procesar

$$V_p = \frac{m_p}{\rho}$$

Donde:

m_p: Masa de carga, kg.

✓ **Dimensiones de la carcaza**

- ✓ Cálculo para el volumen de la carcaza

Ecuación para el cálculo para el volumen de la carcaza

$$V_c = h * 2\pi * r^2$$

Ecuación 36-1

Donde:

h: Altura, m.

r: Radio, m.

✓ **Cálculo del radio de la carcaza**

Con la relación que la altura de la carcasa debe ser $\frac{3}{4}$ del área de la licuadora.

$$h = \frac{3}{4}r$$

Remplazando se tiene:

$$V_c = \frac{3}{4}r * 2\pi * r^2$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{4V_c}{6\pi}}$$

✓ **Cálculo de la Altura de la carcaza**

Ecuación para el cálculo de la altura de la carcaza

$$h = \frac{3}{4}r$$

Ecuación 37-1

✓ **Cálculo del Peso de la carga**

Ecuación para el cálculo del peso de la carga

$$W_c = m_c * g$$

Ecuación 38-1

Donde

W_c: Peso de la carga, N.

m_c: Masa de la carga, kg.

✓ **Diseño de las cuchillas**

De acuerdo a recomendaciones citadas por (Ear, 2017), las cuchillas deben tener 4 aspas para producir el máximo de corte y deben ser de tipo VL/SR; utilizadas en alimentos. De acuerdo con esto se calcula la tensión del material por efecto de las cuchillas de acuerdo a:

Ecuación para el cálculo de la tensión del material por efecto de las cuchillas

$$T_x = \frac{W * r}{2} \quad \text{Ecuación 39-1}$$

✓ **Cálculo de la tensión efectuada por las cuchillas**

Ecuación para el cálculo de la tensión efectuada por las cuchillas

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_x^2} \quad \text{Ecuación 40-1}$$

✓ **Selección de la velocidad de giro de las cuchillas**

Ecuación para el cálculo de la velocidad de giro de las cuchillas

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \text{Ecuación 41-1}$$

Donde:

N₁: Velocidad de giro de diseño. 2000 rpm

N₂: Velocidad de giro para las condiciones experimentales, rpm.

D₁: Diámetro de la carcasa, m.

D₂: Diámetro de las aspas, 20% del diámetro de la carcasa, m.

✓ **Ubicación del centro de las aspas**

Ecuación para el cálculo para la ubicación del centro de las aspas

$$C = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad \text{Ecuación 42-1}$$

✓ **Longitud de las aspas**

Ecuación para el cálculo de la longitud de las aspas

$$L = \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) - 2C - \frac{(D_1 + D_2)^2}{4} \quad \text{Ecuación 43-1}$$

✓ **Selección de la potencia del motor**

Ecuación para el cálculo de la potencia del motor

$$P_m = \frac{2\pi N_2 T}{6000} * F_s \quad \text{Ecuación 44-1}$$

Donde:

F_s = Factor de seguridad

N_2 : Velocidad de giro para las condiciones experimentales, rpm.

➤ **Diseño del equipo de filtración**

Consistirá en la separación de los gránulos de almidón del resto de componentes de la pulpa que viene de la etapa de licuado. Este proceso se realiza con abundante agua para mezclar transportar y clasificar el tamaño fino del almidón (lechada) y los tamaños medio y grueso (afrecho).

➤ **Condiciones de diseño**

Para que el almidón pueda ser filtrado será necesario establecer las siguientes condiciones a las que funcionara el filtro:

- Densidad del almidón: 980 kg/m³.
- Material del lecho filtrante: Polipropileno.
- Masa del líquido a filtrar: 151.43 kg.
- Material del medio filtrante: Tierras Diatomeas
- Diámetro del material a pasar: 50 a 60 mm.
- Temperatura de filtración: 18°C.
- Relación altura/radio: no debe ser mayor a ¾.
- Disposición Geométrica del filtro: Cilíndrica.
- Característica del medio filtrante: A la entrada debe ser tierras diatomeas grandes de espesor igual a 150 mm y en la parte intermedia y final deben ser tierras diatomeas finas de espesor igual a 50 mm

✓ **Cálculo de la viscosidad cinemática del fluido**

$$u = (170 + 0.504 * T) * 10^{-4} * \rho \quad \text{Ecuación 45-1}$$

Donde:

u: Viscosidad cinemática del fluido, Pa*s.

T: Temperatura de operación, °C.

ρ : Densidad del fluido a filtrar, kg/m³.

✓ Cálculo del volumen a procesar de pasta

Para determinar el volumen de pasta a procesar se tomó como referencia los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, escalándolo a nivel industrial por medio de la siguiente ecuación.

$$V_{pasta} = \frac{m_p}{\rho} \quad \text{Ecuación 46-1}$$

Donde:

V_{pasta}: Volumen de la pasta, kg.

ρ : Densidad de la pasta, kg/m³.

M_p: Masa de la pasta, kg.

✓ Cálculo del volumen del filtro

$$V_{filtro} = V_{pasta} * f_s \quad \text{Ecuación 47-1}$$

Donde:

V_{filtro}: Volumen del filtro, m³.

V_{pasta}: Volumen de la pasta a procesar, m³.

f_s: Factor de seguridad por variación en el flujo del proceso, 1.2.

✓ Determinación del radio del filtro

$$V_{filtro} = \pi r^2 * H$$

Donde:

V_{filtro}: Volumen del filtro, m³.

r²: Radio del filtro, m.

H: Altura del filtro, m.

$$V_{filtro} = \pi r^2 * \frac{4}{3} r$$

$$V_{filtro} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_{filtro}}{4\pi}}$$

Ecuación 48-1

✓ **Determinación de la altura del filtro**

$$H_{filtro} = \frac{4}{3}r$$

Ecuación 49-1

Donde:

H_{filtro} : Altura del filtro, m.

r: Radio del filtro, m.

✓ **Cálculo del área superficial del filtro**

$$A_s = 2\pi * r * H$$

Ecuación 50-1

Donde:

A_s : Área superficial del filtro, m².

r: Radio del filtro, m.

H: Altura del filtro, m.

✓ **Cálculo del espesor del lecho filtrante**

$$E = E_{gf} + E_{gg}$$

Ecuación 51-1

Donde:

E: Espesor del lecho filtrante, mm.

E_{gf} : Espesor de las tierras diatomeas finas, mm.

E_{gg} : Espesor de las tierras diatomeas grúas, mm.

✓ **Cálculo de la caída de presión en el filtro**

$$V_{filtro} = \rho * \frac{\Delta P * A}{u * E}$$

Despejando tenemos:

Ecuación para el cálculo de la caída de presión en el filtro

$$\Delta P = \frac{V_{filtro} * u * E}{\rho * A}$$

Ecuación 52-1

Donde:

V_{filtro} : Volumen del filtro, m^3 .

ρ : Densidad de la pasta, kg/m^3 .

A: Área Superficial del filtro, m^2 .

ΔP : Caída de presión en el filtro, Pa.

u : Viscosidad del fluido, Pa.s.

E: Espesor del lecho filtrante, m.

✓ Cálculo del volumen de las placas

$$V_p = \pi * r^2 * e$$

Ecuación 53-1

Donde:

V_p : Volumen de las placas, m^3 .

r: Radio del filtro, m.

e: Espesor de las placas, 5 cm.

✓ Cálculo del número de placas

$$n = \frac{V_f}{V_p}$$

Ecuación 54-1

Donde:

n: Número de placas, unidades.

V_f : Volumen del filtro, m^3 .

V_p : Área de las placas, m^2 .

✓ Cálculo de la separación de las placas

$$S = \frac{L}{n}$$

Ecuación 55-1

Donde:

S: Separación de las placas, m.

L: Alto del filtro, m.

n: Número de placas, m.

✓ Cálculo del caudal en el filtro

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 56-1

Donde:

Q: Caudal de filtración, m³/s.

V: Volumen de lechada, m³.

t: Tiempo de retención en el filtro, s.

✓ **Cálculo de la velocidad de filtración**

$$v = \frac{Q}{\pi r^2} \quad \text{Ecuación 57-1}$$

Donde:

Q: Caudal de filtración, m³/s.

r: Radio del filtro, m.

✓ **Cálculo del número de Reynolds**

El valor del número de Reynolds indica si el fluido que se encuentra en movimiento se encuentra en un régimen laminar o turbulento.

$$Re = \frac{vD\rho}{u} \quad \text{Ecuación 58-1}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds.

v: Velocidad de filtración, m/s.

D: Diámetro del tanque, m.

ρ : Densidad del almidón, kg/m³.

u: Viscosidad cinemática del fluido, Pa·s.

El régimen es laminar $Re < 2000$.

✓ **Cálculo del factor de fricción**

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación 59-1}$$

Donde:

F: Factor de fricción.

Re: Numero de Reynolds.

✓ **Cálculo de las pérdidas por fricción**

$$h_f = \frac{f * L * v^2}{2 * g * D}$$

Ecuación 60-1

Donde:

h_f : Pérdidas por fricción, m.

f: Factor de fricción.

L: Altura del filtro, m.

v: Velocidad de filtración, m/s.

g: Fuerza de la gravedad, m/s².

D: Diámetro del filtro, m.

✓ **Cálculo de la altura dinámica de la bomba**

$$H = \frac{\Delta P}{\rho * g} + z_2 + h_f + \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 61-1

Donde:

H: Altura dinámica de la bomba, m.

ΔP : Diferencia de presión, Pa.

ρ : Densidad del almidón, kg/m³.

z_2 : Altura del filtro, m.

h_f : Pérdidas por fricción, m.

v: Velocidad de flujo, m/s.

g: Fuerza de la gravedad, m/s².

✓ **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$P = \rho * g * Q * H$$

Ecuación 62-1

Donde:

P: Potencia de la bomba, W.

H: Altura dinámica de la bomba, m.

ρ : Densidad del almidón, kg/m³.

g: Fuerza de la gravedad, m/s².

Q: Caudal de filtración, m³/s.

➤ **Diseño del equipo de decantación para el camote triturado**

La función de este equipo consiste en separar el almidón contenido en la lechada que viene del proceso de filtración la cual caerá en el tanque y se dejara en reposo durante un periodo de tiempo, en el cual por acción de la gravedad se separaran los gránulos de almidón del resto de

componentes debido a que el almidón es hidrosoluble en agua y por medio de la decantación se eliminara el porcentaje restante a través de una rejilla presente en el tanque.

✓ **Cálculo de la velocidad de sedimentación**

Para el cálculo de la velocidad de sedimentación se aplicó la ecuación propuesta por George Gabriel Stokes quien estableció que la sedimentación de las partículas se gobierna por su propio peso.

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - 1}{\mu} \right) d^2 \quad \text{Ecuación 63-1}$$

Donde:

V_s : Velocidad de sedimentación, cm/s.

g : Gravedad, cm/s².

d : Diámetro de la partícula, (Medina, 2017, p. 1), indica que el tamaño promedio de los granulos de camote es 0.006 cm.

μ : Viscosidad cinemática del agua, cm²/s.

ρ_s : Densidad del agua, g/cm³.

✓ **Cálculo del número de Reynolds**

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta} \quad \text{Ecuación 64-1}$$

Donde:

η : Viscosidad Cinemática del agua, cm²/s

Se aceptara la velocidad de sedimentación de acuerdo a la ley de Stoke que indica que el número de Reynolds deberá ser menor a 0.5.

✓ **Calculo del caudal de pasta de almidón que ingresa**

Para el cálculo del volumen de pasta a procesar se tomó como referencia los datos obtenidos a nivel de laboratorio para de esta manera escalar a nivel industrial.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 65-1}$$

Donde:

Q : Caudal que ingresa al decantador, m³/s.

V : Volumen de pasta a procesar, m³.

t : Tiempo de operación, s.

✓ **Cálculo del área de sedimentación**

$$A_s = \frac{Q}{v_s} \quad \text{Ecuación 66-1}$$

✓ **Cálculo de la altura del sedimentador**

$$A_s = \frac{L \cdot H}{2} \quad \text{Ecuación 67-1}$$

Donde:

L: Longitud del sedimentador, m.

H: Altura del sedimentador, m.

De acuerdo a (UNAT, 2015, pp. 15-20), en el estudio de diseño de sedimentadores especifica una relacion L/H de 5

$$A_s = \frac{5H \cdot H}{2}$$
$$H = \sqrt{\frac{2A_s}{5}}$$

✓ **Calculo de la longitud del sedimentador**

$$L = \frac{2A_s}{H} \quad \text{Ecuación 68-1}$$

✓ **Calculo del ancho del sedimentador**

$$B = \frac{L}{3} \quad \text{Ecuación 69-1}$$

✓ **Cálculo del tiempo de retención de la pasta**

$$t_o = \frac{A_s \cdot H}{3600 \cdot Q} \quad \text{Ecuación 70-1}$$

✓ **Área de la pantalla difusora**

$$A_p = \frac{A_s \cdot \sqrt{H}}{4850 \cdot t_o} \quad \text{Ecuación 71-1}$$

✓ **Altura de los lados de la pantalla difusora**

$$A_p = l^2$$

$$l = \sqrt{A_p}$$

Ecuación 72-1

✓ **Altura máxima de la lechada**

$$H_2 = \left[\frac{Q}{1.84 B} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 73-1

➤ **Diseño del equipo de secado para el almidón**

La función será el de retirar el contenido de humedad presente en el sólido con el fin de reducir el líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo.

Para lo cual se estableció que la temperatura de secado más adecuada para el diseño del proceso industrial será de 50 ° C, misma que fue determinada durante los ensayos a nivel de laboratorio, además de fuentes bibliográficas consultadas que mencionan la temperatura de secado que emplea medios mecánicos o artificiales como (hornos, centrifugas o cámaras) la temperatura máxima deberá ser de 55 ° C ya que si sobrepasa este límite se producirá una pre gelatinización del almidón.

- Datos adicionales para los cálculos

En la tabla 15-1 se puede observar los datos tomados durante el procedimiento a escala de laboratorio los cuales nos servirán para el posterior diseño del equipo de secado.

Tabla 15-1: Datos Experimentales y adicionales para el dimensionamiento del secador

Variable	Valor	Unidad
Humedad Inicial de la pasta de camote	0.683	Kg Agua/ Kg Camote
Humedad Final del almidón	0.11	Kg Agua/ Kg Almidón
Temperatura de entrada de la pasta de almidón	15	°C
Temperatura de salida del almidón	25	°C
Temperatura del aire a la entrada	50	°C
Temperatura del aire a la salida	18	°C
Humedad Relativa del aire	80	%

Contenido de humedad del aire a la entrada	0,015	Kg Agua/ Kg Aire
Contenido de humedad del aire a la salida	0,020	Kg Agua/ Kg Aire
Capacidad calorífica del camote	0,29	Btu/lb°F
Capacidad calorífica del aire a la temperatura de operación	0,28	Btu/lb°F
Calor específico de condensación	860	Btu/lb°F
Densidad del acero	7700	Kg/m ³
Densidad del camote	980	Kg/m ³
Capacidad Calorífica del acero	477	J/kg K
Capacidad Calorífica del agua	1	Btu/h
Coefficiente de transferencia de calor del acero AISIS 340	10	Btu/h ft ² °F

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018

✓ Dimensionamiento Energético del secador

✓ Cálculo del calor necesario para calentar la pasta de almidón

$$Q_a = W_1 * C_{p_{camote}} * (T_{sh} - T_{ec}) \quad \text{Ecuación 74-1}$$

Este tipo de calor representa el calor sensible del proceso

Donde:

W_1 = Cantidad de almidón que sale del secador, kg.

C_p = Calor Específico del camote, [BTU/ (lb-°F)].

T_{sh} = Temperatura de salida del almidón seco, °F.

T_{ec} = Temperatura de entrada de la pasta de almidón, °F.

✓ Cálculo del calor necesario para calentar y evaporar el agua

$$Q_b = W_b * C_{pw} * (212 - T_{ew}) + W_b h_{fg} \quad \text{Ecuación 75-1}$$

Este tipo de calor representa el calor latente de vaporización del proceso

W_a = Cantidad de agua a evaporar, lb/h.

C_{pw} = Calor Específico del agua, [BTU/lb-°F].

h_{fg} = Entalpía de evaporación, 970.4 Btu/lb tomando en consideración las tablas de propiedades del agua.

✓ **Calor necesario para aumentar la temperatura del vapor**

$$Q_c = W_b * (h_{gt} - h_{ft}) \quad \text{Ecuación 76-1}$$

Donde:

h_{gt} : Entalpía de vapor saturado a 50°C, para esta temperatura el valor es igual a 623.22 kcal/kg.

h_{ft} : Entalpía de vapor saturado a 25°C, para esta temperatura el valor es igual a 613.85 kcal/kg

✓ **Cálculo del calor total para el secado**

$$Q_t = Q_a + Q_b + Q_c \quad \text{Ecuación 77-1}$$

Donde:

Q_a = Cálculo del calor necesario para calentar la pasta de almidón

Q_b = Cálculo del calor necesario para calentar y evaporar el agua

Q_c = Calor necesario para aumentar la temperatura del vapor

✓ **Cálculo del consumo de vapor**

$$CV = \frac{Q_t}{h_{fg}} \quad \text{Ecuación 78-1}$$

Donde:

Q_t = Calor total para el secado

➤ **Potencia del motor para el secado**

Conociendo que 1 Hp del generador de vapor genera $340.50 \frac{lb}{h}$ de aire (Smith, 2005, pp. 852) la potencia necesaria será igual a:

$$Potencia = \frac{CV+1}{340.50} * Fs \quad \text{Ecuación 79-1}$$

Donde:

CV = Consumo de vapor

Fs = Factor de seguridad

✓ **Cálculo del área de transferencia de calor**

$$Q_t = UA_t\Delta T$$

Ecuación 80-1

Donde:

U: Coeficiente global de transferencia de calor, Btu/h ft² °F.

A_t: Área de transferencia de calor, ft²

ΔT: Diferencia de temperatura, °F.

$$A_t = \frac{Q_t}{U\Delta T}$$

Para el gradiente de temperatura se tiene:

$$\Delta T = \frac{\Delta T_{\text{solido}} - \Delta T_{\text{aire}}}{2}$$

✓ **Cálculo del ancho del secador**

$$A_t = \frac{b \cdot h}{2}$$

Ecuación 81-1

Donde:

b: Ancho del secador de bandejas, m.

h: Altura del secador de bandejas, m. Se tiene la relación adicional $\frac{h}{b} = \frac{3}{4}$.

$$A_t = \frac{\frac{3}{4}b^2}{2}$$

✓ **Cálculo de la altura del secador**

$$h = \frac{3}{4}b$$

Donde:

b: altura del secador (m)

✓ **Cálculo del número de bandejas**

$$N \text{ platos} = \frac{A_{\text{total}}}{\text{Area del rotor}} * fs$$

Ecuación 82-1

Es la cantidad de bandejas que se encuentran dentro del secador en el que se coloca la muestra a secar.

Donde:

fs: factor de seguridad

Para determinar el número de bandejas a utilizar primero se deberá determinar el área del rotor. Según Smith (2005, pp.852) menciona que el rotor consume un tercio del aire generado en el sistema de tal manera que se tiene que:

$$A_{rotor} = \frac{1}{3} * \left(\frac{Q_t}{U\Delta T} \right)$$

✓ **Cálculo de la separación entre bandejas**

$$Separación = \frac{h}{N \text{ platos}} \quad \text{Ecuación 83-1}$$

Es la distancia de separación que existe entre cada una de las bandejas presentes en el secador.

Donde:

h : altura del secador (m)

➤ **Diseño del molino de fricción**

✓ **Cálculo del volumen a triturar**

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ecuación 84-1}$$

Donde:

V: Volumen a triturar, m³.

m: Masa de almidón a triturar, kg.

ρ : Densidad del almidón, kg/m³.

✓ **Cálculo del radio de la carcasa**

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{3\pi}} \quad \text{Ecuación 85-1}$$

Donde:

D: Radio de la carcasa, m.

V: Volumen del almidón seco, m.

✓ **Cálculo de la altura de la carcasa**

$$H = \frac{4}{3}D$$

Ecuación 86-1

Donde:

H: Altura de la carcasa, m.

D: Diámetro de la carcasa, m.

✓ **Capacidad de transporte**

$$S = \frac{\gamma * \pi * D^2}{4}$$

Ecuación 87-1

Donde:

s: Capacidad de transporte, m².

γ : Coeficiente de rugosidad, para el almidón 0.25.

D = Diámetro de la carcasa

✓ **Velocidad de molienda**

Ecuación para el cálculo de la velocidad de molienda

$$v = \frac{p * n}{60}$$

Ecuación 88-1

Donde:

V: Velocidad de molienda, m/s.

P: Paso, m.

N: Velocidad de giro, rpm.

✓ **Cálculo del caudal de material molido**

Ecuación para el cálculo del caudal del material molido

$$Q = S * v * \rho$$

Ecuación 89-1

Donde:

Q: Caudal de molienda, kg/s.

S: Área del molino, m².

v: Velocidad de molienda, m/s.

ρ : Densidad del almidón, kg/m³.

✓ **Cálculo del tiempo de molienda**

$$t = \frac{m}{Q}$$

Ecuación 90-1

Donde:

t: Tiempo de molienda, s.

m: Masa de almidón, kg.

Q: Caudal de molienda, kg/s.

✓ **Cálculo de la potencia del motor**

$$P = \frac{Q*(L+D)}{367} + \frac{L*D}{2}$$

Ecuación 91-1

Dónde:

P: Potencia del motor, Hp.

Q: Caudal, kg/s.

L: Altura del molino, m.

D: Diámetro del molino, m.

➤ **Diseño del tamiz para el almidón**

Para iniciar con el diseño del sistema del tamizador se con

✓ **Cálculo de la potencia del motor**

$$P = 10\dot{m} W_a \left(\frac{1}{\sqrt{D_{p1}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{p2}}} \right) * F_s$$

Ecuación 92-1

Donde:

D_{p2}: Diámetro de las partículas finas, m.

D_{p1}: Diámetro de las partículas gruesas, m.

W_i: Índice de Trabajo, m.0.48 $mm^{1/2} \cdot w \cdot h/k$, para almidón.

m: Flujo másico de almidón, kg/h.

✓ **Calculo del tamaño de la criba y del armazón del tamiz**

$$V_{\text{tamiz}} = \frac{m_a}{\rho_a} * Fs \quad \text{Ecuación 93-1}$$

Donde:

m_a = Masa de almidón fino (Kg)

ρ_a = densidad del almidón (Kg/ m³)

Fs = Factor de seguridad

✓ **Cálculo de la Altura de la base**

$$V = a_1 + 2a_b \quad \text{Ecuación 94-1}$$

Donde:

a_1 : Área de la base, m.

a_b : Área del soporte, m.

$$a_1 = l * l$$

Ecuación para el cálculo del área de soporte:

$$a_b = 2 * b * l$$

Donde:

l : Lado del soporte del tamiz, m.

b : Ancho del soporte del tamiz, m. Siguiendo la relación que $b=2l$.

$$a_b = 2 * (2l) * l$$

$$a_b = 4 l^2$$

$$a_1 = l^2$$

$$V = l^2 + 8l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{V}{9}}$$

✓ **Cálculo del Ancho de la base**

$$b = 2l$$

Donde:

L = lado del soporte del tamiz (m)

➤ **Diseño de las bandas transportadoras para el camote**

✓ **Condiciones de operación**

En la tabla 16-1 se muestran las condiciones de operación para el transporte del camote hacia las demás operaciones unitarias

Tabla 16-1: Condiciones de operación para el transporte del camote

Característica	Parámetro
Angulo de inclinación	0-10° para piezas uniformes con partículas redondas, que pueden ser muy húmedas o muy secas.
Peso máximo recomendado	60 Lb/ft para materiales similares al cuero o a la piel
Ancho de la banda transportadora	24 pulgadas (ver anexo H)
Velocidad de la banda recomendada	150 rpm
Área de la sección transversal	0,135 ft ²
Capacidad de carga de acuerdo a las características del material	Para materiales homogéneos la banda debe estar a un máximo de 80% lleno

Fuente: (Kulinowski, 2015)

✓ **Cálculo de la Capacidad del transportador**

$$Q = 3600VA\gamma\phi \qquad \text{Ecuación 95-3}$$

Donde:

V: Velocidad de la banda, rpm

A: Área de la sección transversal de la banda, ft²

γ : Peso Específico, lb/ft³

ϕ : Capacidad de carga, %

✓ **Cálculo del diámetro de la banda**

$$D = \frac{B}{\pi + \frac{1}{3}}$$

Ecuación 96-1

Donde:

B: Ancho de la banda, pulgadas.

✓ **Cálculo de la Tensión Soportada por la banda**

✓ **Factor de fricción de los rodillos**

Ecuación para el cálculo de la tensión soportada por la banda

$$K_x = 0.00068 \left(\frac{33.3Q}{V} + W_m \right) + \frac{A_i}{S_i}$$

Ecuación 97-1

Donde:

K_x: Factor de fricción de los rodillos, lb/ft

V: Velocidad de la banda, lb/ft

W_m: Peso del producto transportado, lb/ft. Ver tabla 17-1.

A_i: Tensión necesaria para rotar los rodillos, ft, ver tabla 18-1.

S_i: Separación entre los rodillos, ft.

En la tabla 17-1 se muestra el peso que tendrá las bandas de transporte dependiendo de las características de operación del proceso.

Tabla 17-1: Peso de la banda de acuerdo a las características de operación

Ancho de la banda en pulgadas	Peso específico del material, lb/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0

Fuente: (Kulinowski, 2015).

Tabla 18-1: Factor de la tensión para rotar los rodillos en bandas de caucho.

Diámetro del transportado, pulgadas	Lado de Carga	Lado de retorno			
6	6.2	6.2	4.1	3.4	2.8
8	6.2	6.2	4.1	3.4	2.8
10	4.5	4.5	3.0	2.5	2.0

Fuente: (Kulinowski, 2015).

➤ **Factor de Fricción de la banda**

Según los datos de diseño del autor (Kulinowski, 2015, pp. 10), este valor debe estar comprendido entre 0.016 y 0.035, se debe usar el valor menor para aumentar la eficiencia de las bandas.

✓ **Cálculo de la fricción en las secciones curvas**

Ecuación para el cálculo de la fricción en las secciones curvas

$$F = 2T \operatorname{Sen}\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad \text{Ecuación 98-1}$$

Donde:

T: Factor de fricción de la banda, lb/ft

γ : Ángulo formado entre la polea y la banda, °.

✓ **Cálculo de la Tensión Efectiva**

Ecuación para el cálculo de la Tensión Efectiva

$$T_e = L * K_t(K_x + K_y W_b) + W_m(LK_y + H) + C_f \quad \text{Ecuación 99-1}$$

Donde:

Te: Tension Efectiva, lb. Revisar tabla 44-3.

L: Longitud de la sección del transportador, ft

H: Distancia vertical para elevar el transportador o bajar el producto transportado, ft

Kt: Factor de corrección de temperatura

Kx: Factor de fricción de los rodillos

Wb: Peso de la banda, lb/ft

Wm: Peso del producto transportado, lb/ft

Ky; Factor de flexión de la banda, lb/ft

Cf: Perdidas por transformación de la banda, revisar tabla 20-3.

$$T_e = L * K_t(K_x + K_y W_b) + W_m(LK_y + H) + C_f$$

En la tabla 19-1 se muestra la longitud de las secciones transversales que tendrá la banda dependiendo del material de construcción.

Tabla 19-1: Longitud de las secciones transversales de la banda para diferentes materiales de construcción

Material de la banda	Diámetro nominal		Radio de la curva aproximada				Longitud de la banda
	In	Mm	<25°	25 a 50°	50 a 75°	75 a 100°	
Nylon	6-12	150-300	300	400	500	600	25
Caucho	6-12	350-500	500	600	700	800	40

Fuente: (Kulinowski, 2015).

En la tabla 20-1 se muestra la tensión de soporte de la banda que tendrá la banda dependiendo del ángulo de contacto.

Tabla 20-1: Tensión de la banda de acuerdo a las diferentes curvaturas

Tensión en secciones curvas C_f (15-20°C)									
Ángulo de contacto	Tensión de la banda (lb)								
	1000	2000	5000	8000	10000	15000	20000	25000	30000
5	-	-	-	-	14	22	29	36	44
10	-	-	15	23	29	44	58	73	87

Fuente: (Kulinowski, 2015).

✓ Cálculo de la Potencia necesaria

$$P = \frac{T_e * V}{3300000 * \eta} \quad \text{Ecuación 100-3}$$

Donde:

η : Eficiencia, para las características de la banda se tendrá una eficiencia del 94%.

1.4. Beneficiarios directos e indirectos:

1.4.1. Directos:

- El presente proyecto se desarrollara con la finalidad de brindar al sector industrial de nuestro país la posibilidad de crear una línea de producción para la obtención de almidón de camote brindando de esta manera no solo la oportunidad de obtener almidón sino a su vez la factibilidad de poder utilizarlo como materia prima para la elaboración de

productos derivados del mismo ya sea como biopolímeros, alimentos para animales, espesantes o aditivos en productos alimenticios entre otros.

1.4.2. Indirectos:

- Agricultores dedicados a la producción de camote, ya que aprovecharan al máximo el cultivo de estos tubérculos aumentando la ganancia ya que desperdiciarán menores unidades y obtendrán valor económico por la venta de camote que no logre cumplir los requisitos demandados. El valor añadido para los agricultores proviene de una variedad de productos e ingredientes hechos de la raíz del camote como son harinas, fruta seca, jugos, panes, fideos, dulces y pectina.
- Los pobladores de los sectores donde se produce camote ya que los agricultores invertirán mayor cantidad de recursos en sus cultivos lo cual hará que se expandan generando que se tenga una mayor demanda de plazas laborales que ayuden en la producción de almidón de camote al aumentar su producción por lo que aumentara las plazas laborales generando así una dinamización de la economía nacional.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. General:

- Diseñar un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea batatas L.*) para su uso alimenticio.

2.2. Específicos:

- Realizar la caracterización físico-química de la materia prima (*Ipomoea batatas L.*) a través del análisis proximal de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997).
- Identificar las variables y parámetros del proceso para la obtención de almidón de camote a escala industrial.
- Efectuar los cálculos y el diseño ingenieril del proceso de producción de almidón de camote.
- Validar el diseño de ingeniería mediante ensayos físico-químicos del producto terminado según la metodología definida en la normativa FAO (2007).
- Determinar los costos de operación y los beneficios que implicaría la obtención de almidón a partir de camote.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1. Localización del Proyecto

El presente proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de procesos industriales que se encuentra presente en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

En la tabla 1-3 se muestra a continuación la localización del proyecto realizado.

Tabla 1-3: Localización del Proyecto

Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Lizarzaburu
Altitud	2850 m
Temperatura	13,5 ° C
Institución y/o Empresa	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo(ESPOCH)
Coordenadas	1°39'13.4"S 78°40'34.2"W

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

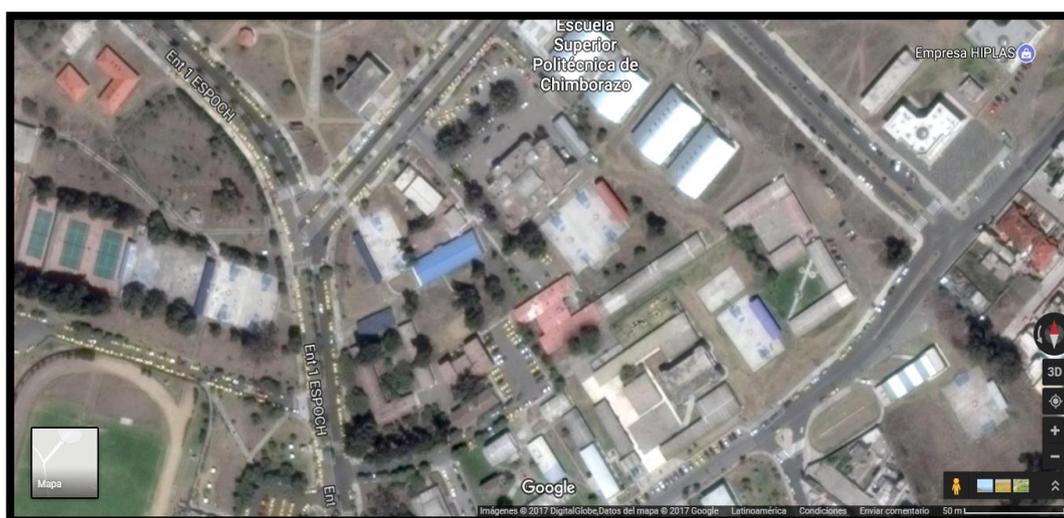


Figura 1-3: Localización Geográfica de la ubicación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Fuente: (Maps, 2018)

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Tipo de Estudio

El presente proyecto diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea Batatas L.*) es un proyecto del tipo Técnico, por lo que ha requerido el estudio de cada una de las operaciones unitarias que conforman el proceso que por medio de simulaciones del mismo a escala de laboratorio se ha podido recolectar datos.

3.2.2. Métodos y Técnicas

3.2.2.1. Métodos

Para dar inicio con la elaboración del presente proyecto de tipo técnico, primeramente se realizó una revisión bibliográfica acerca de los métodos usualmente utilizados para la obtención de almidón a nivel industrial. La metodología empleada para el presente proyecto está fundamentado con respecto a trabajos publicados por el cual derivan las definiciones, técnicas y principios científicos necesarios para la ejecución de los objetivos planteados en el proyecto.

➤ Método descriptivo:

El diseño del proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea batatas L.*) Para su uso alimenticio, requiere el conocimiento de cada una de las etapas del proceso, con respecto a la materia prima debe cumplir los requisitos físicos de la normativa NTP 201-002 para camote amarillo, luego como primer paso se procedió a realizar la caracterización físico química de la materia prima, misma que fue realizada en un laboratorio a p, luego se sometió a un proceso de lavado y pelados, posteriormente se sometió a un proceso de reducción de tamaño al camote en un rango de 3 a 4 cm. Con la materia prima troceada se sometió a un proceso de licuado con la finalidad de liberar los gránulos de almidón contenidos en el camote con un volumen de agua relación 2:1 (agua-camote) obteniendo una pasta homogénea para luego realizar una filtración separando de esta manera la lechada que contiene el almidón del resto de componentes como son fibras, proteínas contenidos en el material solido retenido al que comúnmente se lo conoce como afrecho, posterior a eso se procedió a dejar sedimentar la lechada obtenida para separar el almidón, el cual se sometería a un proceso de secado eliminando así el contenido de humedad y posteriormente ser sometido a un proceso de molienda y tamizado obteniendo así el almidón fino y homogenizado.

Posteriormente se procedió con la caracterización del almidón obtenido tomando como referencia los análisis físicos para almidón de acuerdo a la normativa de la FAO (2007) para almidón de yuca debido a que no existe normativa fija para almidón, la cual nos servirá para la validación de nuestro diseño y una vez cumplida con las especificaciones se realizó un análisis sensorial por medio de la elaboración de un producto en este caso salsa tipo ketchup con el almidón obtenido en el presente proyecto y el almidón comercial, y por medio de encuestas verificar la aceptabilidad que tendría nuestro producto en el mercado.

3.2.2.2. *Técnicas:*

Fue necesario recolectar ciertas técnicas para realizar el muestreo del camote, la calidad de la materia prima y la calidad del producto terminado, por lo cual en los siguientes epígrafes se detalla los procedimientos que se utilizó para cumplir con los objetivos del proyecto, indicando además la necesidad de materiales, equipos y reactivos, con los que se contó en el laboratorio evitando así que fueran técnicas que no se pudieran realizar.

- **Muestreo de la materia prima**

Para el muestreo y selección de la materia prima, se siguió la técnica de muestreo simple aleatorio, en donde se recorrió los distintos mercados de la ciudad, y se adquirió la materia prima directo de los productores agrícolas, antes de la selección se verifico la calidad de manera sensorial, en donde se analizó el color, el tamaño, que no presente rasguños o algún tipo de sustancias extrañas en la cascara.

Se recogió y adquirió varias muestras de camote, después se almacenaron en un recipiente para evitar la humedad que pudo ocasionar daños en la materia prima, cabe indicar que la compra del camote se hizo con cascara ya que se prefirió las muestras que eran recién recolectadas en el campo, y se adquirió las hortalizas que presentaran un color morado, de buena apariencia y que no estuviera golpeado.

- **Caracterización de la materia prima**

Es necesario conocer las características de la materia prima a utilizar en este caso el camote que posteriormente será utilizado para el proceso de extracción de almidón por lo que se realizó una evaluación de sus características físicas, químicas y sensoriales con el fin de determinar la calidad y las condiciones en que nuestra materia prima se encuentra ya que esto inferiría en la calidad del producto final.

- **Caracterización fisicoquímica de la materia prima**

Para la caracterización físico-química de la materia prima se tomó una muestra aproximada de 250 gr de la materia prima adquirida en el mercado, la cual fue llevada a un laboratorio aparte para así determinar la composición química que presenta la materia prima.

- Caracterización físico de la materia prima

Para la evaluación de las características físicas (morfología, tamaño, peso y color) que presenta el tubérculo, se trabajó por triplicado con el fin de determinar un valor promedio de cada característica, para lo cual en la tabla 13-3 se muestra a continuación la metodología utilizada para la determinación de las características físicas de la misma:

Tabla 2-3: Determinación de las Características Físicas del Camote

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CAMOTE	
PARAMETRO	DESCRIPCION
Morfología	Por medio de una inspección visual se evaluara la forma que pueda presentar la raíz tuberosa tomando como referencia figuras geométricas ya establecidas
Tamaño (Diámetro y Longitud)	Por medio del uso de un calibrador o pie de rey se procederá a medir los diámetros y longitud que presentaban las raíces de camote.
Peso	Utilizando una balanza analítica con una precisión de . Se pesaron las muestras una por una y se registró su peso en gramos (g).
Porcentaje de Cascara	Se retiró la cascara del camote con ayuda de un cuchillo, la misma que después fue pesada en la balanza analítica con una precisión de g. Se determinar así por medio de diferencia de pesos y así se podrá obtener el porcentaje correspondiente.
Porcentaje de Pulpa	Después de haber sido retirada la cascara, se procederá a pesar la pulpa obtenida en la balanza analítica con una precisión de g. Se determina por medio de diferencia de pesos con lo que así se podrá obtener el porcentaje correspondiente.
Volumen	El volumen fue determinado en base al espacio ocupado por el tubérculo en el recipiente.
Densidad	Se realizó a través de la relación entre el peso por unidad en gramos y el volumen ocupado en cm^3 , y después este se lo reemplazo en la fórmula de la densidad $d = m / v$ expresándose en g/cm^3 .

Realizado Por: CUADRADO, Edwin. 2018

• Eliminación de la Humedad presente en el almidón de camote (*Ipomoea batatas L.*)

Para la eliminación de la humedad del almidón obtenido se realizó el proceso de secado en un secador de bandejas eléctrico, para lo cual el secado se realizó en un rango de temperatura de 40, 50 y 60 °C con el fin de determinar la temperatura más eficiente de secado, posteriormente después del proceso de secado en el secador de bandejas, el almidón seco obtenido fue pulverizado con la ayuda de un mortero seguido de un proceso de tamizado con la finalidad de obtener un grano más fino. En la tabla 14-3 se muestra la técnica utilizada para la eliminación del contenido de humedad en un sólido húmedo en el secador de bandejas perteneciente al laboratorio de Procesos unitarios.

Tabla 3-3: Técnica para la eliminación de Humedad en un secador de Bandejas

Fundamento	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo del equipo	Fórmulas para cálculos	Especificaciones
<p>Consiste en secar las muestras obtenidas de almidón de camote a diferentes temperaturas de 40, 50 y 60 para determinar cuál es la temperatura óptima para el proceso con circulación de una corriente de aire con la finalidad de eliminar la humedad presente en el sólido hasta obtener un peso constante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Secador de Bandejas Eléctrico Tipo Armario • Balanza analítica • Papel Aluminio • Guantes • Mortero de Porcelana • Tamices • Fundas Ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfectar todo el equipo con sus respectivas bandejas • Conectar el equipo a una fuente de corriente eléctrica de 220 v , encender el equipo y fijar la temperatura a la cual se desea realizar el proceso de secado • Colocar papel aluminio sobre las bandejas, enumerar cada bandeja a utilizar y registrar • Pesar 200 gr de muestra en las bandejas seleccionadas • Registrar los pesos de las bandejas con la muestra húmeda • Introducir las bandejas en el equipo una vez alcanzada la temperatura deseada • Pesar la muestra cada 15 minutos hasta que la misma haya alcanzado un peso constante • Registrar los pesos de las bandejas con la muestra seca 	$\% H_{BS} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}}$ $\% H_{BH} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SH}}$	<p>H_{BS} = Porcentaje de Humedad (Kg de H_2O/ Kg de sólido seco)</p>
			$R = \frac{P_s}{P_h} * 100$	<p>R = Rendimiento del secador Ps= Peso del sólido seco (Kg) Ph= Peso del sólido húmedo(kg)</p>
			$W = \frac{S}{A} * \left(- \frac{\Delta X}{\Delta \theta} \right)$	<p>Donde: S =Peso del sólido seco (Kg) A =Área de la superficie expuesta (m²) ΔX = Variación de la humedad Δθ = Variación del tiempo (h) W = velocidad de secado (Kg/h-m²)</p>
			$\theta_a = \frac{S}{A} * \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$	<p>Dónde: X_i = Humedad inicial (Kg H₂O/ Kgss) X_c = Humedad crítica (Kg H₂O/ Kgss) W_c = Velocidad antecrítica Kg/h-m² θ_a = Tiempo antecrítico (h) S = Peso del sólido deshidratado (kg sólido seco) A = superficie expuesta (m²)</p>
			$\theta_p = \frac{S}{A} \left(\frac{X_c - X_f}{W_c - W_f} \right) \ln \frac{W_c}{W_f}$	<p>Donde: θ_p = Periodo Post-critico S = Peso del sólido deshidratado (kg sólido seco) A = superficie expuesta (m²)</p>
$\theta_t = \theta_a + \theta_p$	<p>Donde: θ_a = Periodo ante-critico θ_p = Periodo post-critico</p>			

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales ESPOCH, 2018

Adaptado por: Cuadrado, Edwin.2018

- **Caracterización del producto final**

Una vez obtenido el almidón, será necesario realizar la caracterización del mismo para determinar si el producto cumple con los requisitos detallados en la norma técnica de la FAO (2007) para almidón de yuca, tomando como referencia esta norma ya que al momento no se ha detallado una norma para el almidón obtenido del camote, pero por sus propiedades y características almidones obtenidos de diferentes materias primas deben cumplir con los mismos requisitos.

Es fundamental que el almidón cumpla con lo establecido en la norma, ya que de esa manera se puede entender si los procesos de transformación del camote se han realizado han sido los óptimos para las condiciones experimentales y además con esto se puede interpretar que la obtención de almidón a partir del camote es un proceso técnico viable que podrá ser comercializado en diferentes mercados, a continuación, se describen las técnicas utilizadas para la caracterización del almidón.

Tabla 4-3: Análisis Físico- químicos para la caracterización del producto final

Fundamento	Materiales y Equipos	Procedimiento	Cálculos
Distribución del tamaño del granulo del almidón	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Equipo de tamices con tapo y fondo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios • Pesar 100 gr de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices • Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos) • Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante • Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos • Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón 	<p>Peso neto individual = (peso de tamiz + fracción de almidón) – peso de cada tamiz vacío</p> <p>Gran total = € pesos netos individuales</p>
Contenido de pulpa	<ul style="list-style-type: none"> - Plancha - Crisoles filtrantes - Papel filtro Whatman N° 1 - Horno con calentamiento constante <p>Sustancias y Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Ácido clorhídrico 0,4 por ciento (v/v) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hervir 2- 3 g de almidón durante una hora en 100 mL de ácido clorhídrico 0,4 por ciento. • Filtrar el líquido en un crisol filtrante, previamente pesado, provisto de papel filtro. • Lavar con agua caliente. • Secar el crisol a 105-110 °C hasta peso constante. 	$\text{Pulpa(\%)} = \frac{(\text{Peso de crisol después de secado} - \text{peso de crisol vacío})}{\text{Peso de muestra analizada}} * 100$
Índice de Adsorción, Solubilidad y Poder de Hinchamiento de Almidón	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza analítica con una precisión de 0,01 g - Baño con calentamiento constante - Centrífuga - Tubos de centrifuga plásticos de 50 mL - Vasos de precipitado de vidrio de 50 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C. • Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse). • Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos. 	$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso muestra en base seca}}$ $\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles} \times V \times 10}{\text{Peso muestra bs} - \text{Peso solubles}}$

	<ul style="list-style-type: none"> - Horno con temperatura constante - Pipeta volumétrica de 10 mL - Pipeteador de 30 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen. • Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado). • Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C. • Pesarse el tubo de centrifuga con el gel. • Pesarse el vaso de precipitados con los insolubles. 	$\text{Poder de Hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso de solubles (g)}}$
Densidad Aparente	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Vaso de precipitación de 50 ml • Embudo • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse la probeta graduada vacío • Adicionar cuidadosamente con una espátula la muestra de almidón al vaso de precipitación de 50 ml por medio de un embudo hasta que el volumen total sea libremente completado 	$\rho_a = \frac{m}{v} = \frac{\text{Peso del vaso mas almidon} + \text{Peso del vaso vacio}}{\text{volumen de vaso usado}}$
Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Baño con calentamiento constante • Vasos de precipitado de 100 y 250 ml • Frascos volumétricos de 100 ml • Pinzas de acero inoxidable • Termómetro con escala de 0-100 °C <p>Sustancias y Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Almidón 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse 10 gr de almidón (bs) , disolver en agua destilada y completar a 100 ml • Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85 °C • Tomar 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos • Leer la temperatura de la gelatinización 	<p>La temperatura de gelatinización se lee directamente en el termómetro.</p>

Fuente: (Aristizábal et al., 2017)

3.2.3. Procedimiento a escala de Laboratorio

Para determinar el proceso industrial adecuado para la elaboración de almidón se realizaron algunos ensayos a nivel de laboratorio basados en técnicas de algunos artículos relacionados con la producción de almidón.

3.2.3.1. Selección de materia prima

Para comenzar el procedimiento experimental a escala de laboratorio, se necesitó recolectar las muestras de camote y verificar si cumplían con los requisitos para su transformación en almidón, para lo cual se realizó un muestreo aleatorio simple para la adquisición de camote en los diferentes mercados de la ciudad de Riobamba como la condamine y la merced , logrando así adquirir la materia prima directo del producto que para el caso industrial simulara las condiciones normales de abastecimiento de materia prima para lograr disminuir los precios de producción; además de la toma del camote se hizo in-situ por lo cual no se pudo realizar ningún análisis a escala de laboratorio, lo único que se realizo fue una caracterización organoléptica de las muestras, verificando su color, apariencia y tamaño que se muestra tomando en cuenta los requisitos mínimos para el camote tomando como referencia la Norma NTP-212.001 CAMOTE. Camote Dulce. Definiciones y requisitos en la cual menciona que la materia prima debe encontrarse en perfecto estado, fresco, con un grado de madurez aceptable, exentos de cualquier olor y/o sabor extraño, limpios y exentos de materiales extraños. (Ver Anexo B.)

Tabla 5-3: Requisitos físicos de la materia prima

Característica	Prueba
Color	Rojo (Indica el grado de madurez adecuado para la extracción del almidón)
Apariencia	Sin agujeros (para evitar la presencia de gusanos u otros defectos que alteren la calidad del camote)
Tamaño	Debe ser igual para todas las muestras (con esto se evita una difícil manipulación en el proceso de corte)

Elaborado por: CUADRADO, Edwin. 2018

Una vez adquirida la muestra, se realizó la obtención del almidón en el laboratorio de procesos unitarios de la facultad de Ciencias de la ESPOCH, en donde se tomó en cuenta las variables de proceso para cada operación unitaria y se verifico la calidad del producto obtenido de acuerdo a la normativa vigente, con esta secuencia lógica se asegura que la simulación a escala industrial simule las condiciones de operación.

3.2.3.2. Extracción y obtención del almidón

Como primer punto para la obtención del almidón, fue necesario establecer la cantidad de materia prima e insumos que se emplearían en la producción, con el fin de que no exista falta de flujos que demoren el proceso, a continuación, se indica la cantidad necesario por cada lote de producción y los materias y equipos empleados en la transformación, los cuales se ajustaron a la capacidad productiva del laboratorio de procesos unitarios de la facultad de ciencias de la ESPOCH, evitando así el uso de materiales o reactivos que no se tuviera, además de que se buscó el método más eficaz de extracción del almidón permitiendo así que sea una tecnología viable para aplicar a escala industrial en la provincia de Chimborazo. En las tablas 26-3 y 27-3 se muestran las cantidad de materia prima y los equipos, materiales y reactivos utilizados para llevar a cabo el proceso de extracción de almidón de camote.

Tabla 6-3: Cantidad de materia e insumos empleados en la extracción de almidón a escala de laboratorio

Insumo	Peso (g)
Camote	2100
Agua Destilada	4200

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

Tabla 7-3: Equipos, materiales y reactivos necesarios para la extracción de almidón a escala de laboratorio

Equipos	Materiales y Reactivos
✓ Balanza analítica	✓ Camote
✓ Secador de bandejas	✓ Agua Destilada
✓ Licuadora Industrial	✓ Fundas Plásticas
✓ Serie de tamices	✓ Recipientes
	✓ Cuchillos y aparatos de corte
	✓ Mortero de porcelana

Fuente: Laboratorio de Procesos Unitarios

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.2.3.3. Caracterización de la materia prima:

Antes de iniciar con el proceso de producción como primer paso, se tomó una muestra del total del producto adquirido en los respectivos mercados de la zona, para de esta manera determinar la caracterización físico química y las características físicas de la materia prima ; la caracterización físico química del camote se tomó al azar dos tubérculos de camote con un peso aproximado de 250 gr, los cuales fueron llevadas a un laboratorio con el fin de determinar las

características fisicoquímicas que presenta la raíz de camote y a través del cual después de obtener los respectivos resultados se pudo observar que el agua es el principal constituyente del camote contando con un porcentaje de humedad de 60.78 %.

Con respecto a las necesidades de materiales, equipos y reactivos se ajustaron a la capacidad productiva del laboratorio de procesos unitarios de la facultad de ciencias de la ESPOCH, evitando así el uso de materiales o reactivos que no se tuviera, además de que se buscó el método más eficaz de extracción del almidón permitiendo así que sea una tecnología viable para aplicar a escala industrial en la provincia de Chimborazo.

De acuerdo a lo especificado en las secciones anteriores, se probó tres distintas temperaturas de secado, por lo que las condiciones de operación se detallan en la tabla 21-3, para la extracción del almidón utilizando el mismo procedimiento para los tres tratamientos, con esto se probó a que temperatura se obtuvo un mayor rendimiento y una mejor eficiencia, probando así que la tecnología empleada obtiene los mejores resultados.

Tabla 8-3: Porcentaje de insumos y materia prima utilizada de acuerdo a la temperatura de secado del almidón

Secado a 40°C		Secado a 50°C		Secado a 60°C	
Insumo	Porcentaje (%)	Insumo	Porcentaje (%)	Insumo	Porcentaje (%)
Camote	25%	Camote	25%	Camote	25%
Agua Destilada	75%	Agua Destilada	75%	Agua Destilada	75%

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

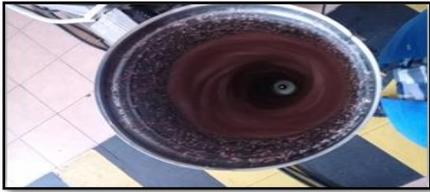
Conocido el flujo de alimentación de materia prima e insumos, para los tres tratamientos se siguió el procedimiento detallado a continuación, controlando cada operación unitaria y revisando la calidad de los procesos, además de evitándose las pérdidas tanto de materia, como tiempo y energía.

3.2.3.4. Descripción del Procedimiento

En la tabla 9-3, se describe cada una de las etapas del proceso empleado para la obtención de almidón a partir de camote:

Tabla 9-3: Descripción del Procedimiento a escala de laboratorio

Etapa	Descripción	Simulación
<p>Selección de la materia prima</p>	<p>Se realiza la selección de la materia prima desechando los camotes que no cumplen con las especificaciones, controlando de manera visual que el fruto no se encuentre dañado, con insectos, es decir en un estado óptimo, con un color y olor característico del tubérculo con respecto a los requisitos mínimos presentes en la normativa NTP 201-002 para camote.</p>	 <p>Fotografía 1-3:Selección de la materia prima</p>
<p>Lavado</p>	<p>Seleccionada la muestra se procedió a realizar la limpieza de los frutos con abundante agua potable de forma manual con el fin de retirar la tierra y el material contaminante que pudiese estar adherido a la superficie del camote y eliminar las impurezas del mismo.</p>	 <p>Fotografía 2-3:Lavado de materia prima</p>
<p>Pelado</p>	<p>Para retirar la cascara del fruto, se lo realizó de manera manual empleando un cuchillo, obteniendo de esta manera la pulpa libre con el fin de dejar expuesta para el troceado.</p>	 <p>Fotografía 3-3: Pelado del camote</p>

<p>Pesado</p>	<p>Se procedió a realizar el pesado los camotes sin piel para así determinar las pérdidas en peso que ocasiona esta operación y posteriores rendimientos. El pesado del fruto se lo realiza por separado la pulpa de la cascara en una balanza analítica con una capacidad de 5 kg.</p>	 <p>Fotografía 4-3: Pesaje de pulpa y cascara de camote por separado</p>
<p>Troceado</p>	<p>El troceado de la pulpa en pequeños trozos se lo realizó de forma manual utilizando un cuchillo con el fin de reducir el tamaño en un tamaño aproximado de 2 a 4 cm para así facilitar el proceso de extracción, además de evitar cualquier atasco en el equipo durante la etapa de molienda además de ayudar para un mejor desprendimiento de los gránulos de almidón en el proceso.</p>	 <p>Fotografía 5-3: Troceado de la pulpa de camote</p>
<p>Licudo</p>	<p>Se realizó la molienda del tubérculo en una licuadora industrial presente en el laboratorio introduciendo la muestra previamente troceada con un volumen determinado de agua en proporción 2:1 (peso de agua: peso de muestra) con la finalidad de facilitar la liberación de los gránulos de almidón, triturados en un tiempo aproximado de 5-10 min obteniéndose una pasta homogénea conformada por dos fracciones una sólida y una líquida conformada por agua, sólidos solubles, sólidos en suspensión y el almidón nativo liberado por efecto de la trituración. El producto de la molienda fue recogido en un recipiente para así proceder a la siguiente etapa del proceso.</p>	 <p>Fotografía 6-3: Proceso de extracción de almidón</p>

<p>Filtrado</p>	<p>Durante esta etapa el producto obtenido durante la molienda se filtró utilizando como material filtrante una bolsa elaborada con lienzo fino la cual fue utilizada como nuestro filtro permitiendo separar el afrecho o material vegetal de la lechada que contiene el almidón, donde todo el material vegetal o fracción solida quedo retenido en el filtro permitiendo así que la lechada que contiene el almidón se separe y así poder extraer el almidón que es hidrosoluble en agua.</p>	 <p>Fotografía 7-3: a) Afrecho obtenido y b) Separación de la lechada de almidón</p>
<p>Sedimentación</p>	<p>El líquido procedente de la etapa de filtración comúnmente conocido como lechada fue depositado en varios recipientes con el fin de separar el líquido sobrenadante del almidón por acción de la gravedad al ser el almidón hidrosoluble en el agua, para lo cual se dejó la lechada obtenida durante la etapa de filtración en reposo por un tiempo aproximado de 2 horas como minimo permitiendo así que el almidón se deposite en el fondo del recipiente.</p>	 <p>Fotografía 8-3: Proceso de sedimentación</p>
<p>Decantación</p>	<p>En esta etapa del proceso el líquido sobrenadante fue decantando manualmente por medio de la inclinación de los recipientes en los que se colocó la muestra.</p>	 <p>Fotografía 9: Decantación</p>

	<p>Eliminado el líquido sobrenadante de la solución, en el fondo del recipiente queda suspendida una pasta blanca conocida como almidón , la cual es lavada nuevamente con agua para así evitar que se queden rostros de fibra y dejando sedimentar nuevamente durante un tiempo de 2 h y así una vez que el almidón se haya separado y el líquido sobrenadante presente una coloración blanquecina este es desechado por decantación y posteriormente se procederá a retirar el almidón obtenido de los recipientes con la ayuda de una espátula.</p>	 <p>Fotografía 10-3: Almidón obtenido</p>
<p>Secado</p>	<p>Una vez retirado el almidón obtenido de los recipientes utilizados con ayuda de la espátula se procede a colocar la muestra de almidón en las bandejas metálicas y de esta manera proceder a la etapa de secado retirando así el exceso de humedad presente en el almidón obtenido; la cual fue realizada en un rango de temperatura de 40, 50 y 60 ° C por un tiempo aproximado de 6 horas hasta alcanzar un peso constante, para así poder determinar la mejor temperatura de secado para el almidón y la eficiencia del proceso.</p>	 <p>Fotografía 11-3: Secado del almidón</p>
<p>Molienda</p>	<p>Esta etapa del proceso se somete el almidón seco obtenido a un proceso de trituración en un mortero de porcelana ya que se formaron piezas gruesas como se muestra en la Fotografía 13-3.a) que después de someterse a un proceso de trituración se obtiene un tamaño de partícula más fino.</p>	 <p>Fotografía 12-3: Trituración del almidón obtenido</p>

<p>Tamizado</p>	<p>En esta etapa del proceso se lleva a cabo la operación de tamizado a la muestra de almidón obtenida haciéndola pasar por una serie de tamices de mallas 106, 53 y 38 μm con la finalidad de obtener el polvo fino de almidón y homogenizar el tamaño de los granos.</p>	 <p>Fotografía 13-3: Tamizado del almidón obtenido</p>
<p>Empacado y Almacenamiento</p>	<p>Una vez obtenida el almidón fino se empaco las muestras de almidón en bolsas de polietileno (ziploc) con la finalidad de guardarlos y posteriormente poder usarlos en los diversos análisis fisicoquímicos para almidón; y por último se almacena el almidón extraído y empacado en un lugar seco donde no exista demasiada humedad.</p>	

Realizado Por: Edwin Cuadrado. 2018

3.2.3.5. Selección del método de secado

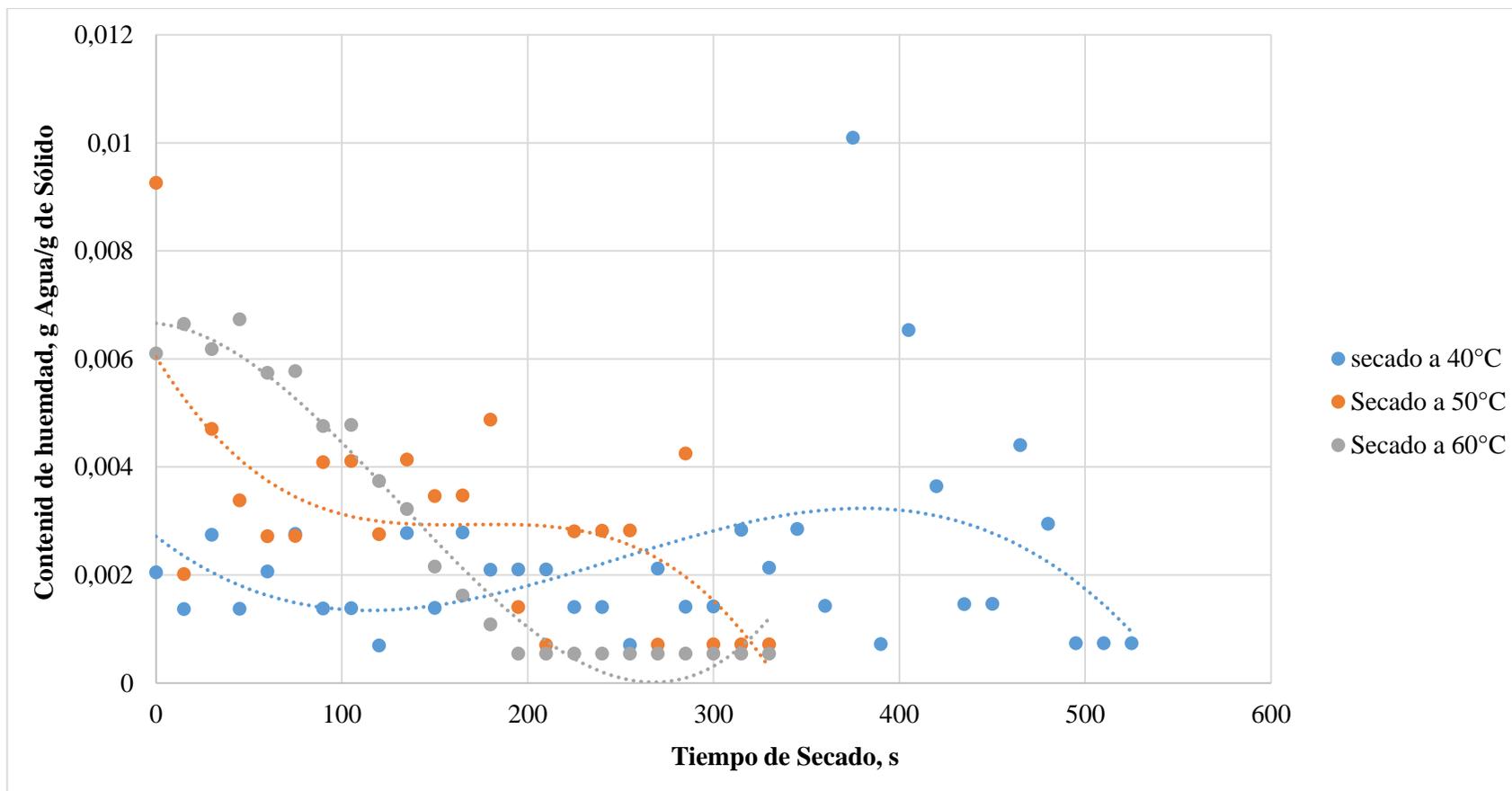
Para determinar cuál es la temperatura a la cual se obtiene mejores características, se planteó determinar la eficiencia del secado productivo a 40, 50 y 60°C, para lo que se introdujo en el secador de bandejas y se regulo de acuerdo a las características necesarias, en los epígrafes siguientes se analizara cada uno de los factores por individual llegando así a interpretar cual es el mejor proceso de secado.

- **Análisis de la eficiencia**

Uno de los factores más importantes para realizar la escala a nivel industrial es la eficiencia, esta se medirá de acuerdo a la cantidad de calor suministrado y al tiempo de secado, ya que en la operación unitaria de secado se utiliza grandes cantidades de combustibles o energía eléctrica para retirar el agua que se encuentra en el alimento, mientras menor sea el tiempo de secado mayor será la eficiencia que se consigue y con esto se hará más viable la obtención del almidón.

Para cada muestra se realizó dos repeticiones del secado, con esto se reduce la dispersión de errores entre las muestras, para analizar la eficiencia se utilizó la prueba de t-student y la construcción de las curvas de secado, logrando así comparar en que afecta la temperatura a la eficiencia del secado, se escogió las temperaturas de 40, 50 y 60°C, ya que son las que recomienda bibliografía para el secado de solidos con alto contenido de humedad.

En el gráfico 1-3, se muestra las curvas de secado para cada uno de las condiciones de secado, comparando entre diferentes temperaturas de operación, como se aprecia mientras mayor es la temperatura de operación mayor contenido de humedad se remueve y es menor el tiempo de secado, como problemas que se incurren con esto es la cantidad de energía que se utiliza, por lo que se midió la eficiencia para determinar cuál es la mejor temperatura de secado que aumente la eficiencia del secado.



Grafica 1-3: Prueba T-student para la determinación de eficiencia de secado a diferentes temperaturas

De acuerdo a la gráfica 1-3 a la temperatura de 60°C se logra eliminar el mayor contenido de agua en el sólido, pero consume más tiempo el proceso por lo que será un gasto energético mayor, con lo que complementario a las curvas de secado se evaluó la eficiencia del proceso, que se reporta en la tabla 10-3; en donde apreciándose una diferencia significativa entre medias que indica que la temperatura de operación influye directamente con la eficiencia del proceso.

Tabla 10-3: Prueba de t-student para la determinación de la eficiencia de secado comparando diferentes temperaturas de operación

Variables Estadísticas	50°C	60°C
Media	8.81644463	5.79127091
Varianza	0.56134449	1.35741447
Observaciones	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.98493229	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	2.74702697	
P(T<=t) una cola	0.05545202	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.11090405	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

Los mejores resultados se obtuvieron al secar los sólidos a 50°C con medias a la eficiencia iguales a 8.82% comparando con los resultados reportados a los 60°C que alcanzaron medias iguales a 5.79%, por lo que la temperatura de 50°C fue elegida para la propuesta tecnológica de los equipos, con lo que se consumirá menor cantidad de energía, así como también se podrá obtener las características requeridas para el almidón.

3.2.4. Variables del Proceso

Para realizar la propuesta tecnológica, para la producción industrial del almidón utilizando el camote, es necesario establecer las variables que afectarán a cada operación unitaria necesaria para la producción del producto final, mismas que se muestran en la tabla 11-3

Tabla 11-3: Variables del proceso

Variable	Tipo de Variable	Sub-variable	Concepto	Método de Medición	Etapa del Proceso	Parámetro
CAMOTE	Dependiente	Madurez	Características deseables del fruto para el consumo humano	Inspección Visual	Selección de la materia prima	-----
ALMIDÓN	Dependiente	Volumen de Agua y tiempo de lavado	Características deseables del fruto para el proceso de producción	Visual	Lavado	-----
	Independiente	Impurezas				
	Dependiente	Materia prima apta y tiempo de cortado	Características deseables del fruto para el proceso de producción	Visual	Pelado y Troceado	-----
	Independiente	Materia prima no apta				
	Dependiente	Tiempo	Magnitud que muestra el tiempo	Cronómetro	Licudo	5-10 minutos
	Independiente	---	-----	Visual	Filtración	-----
	Dependiente	Tiempo	Magnitud que muestra el tiempo	Cronómetro	Sedimentación y Decantación	2 horas
	Dependiente	Temperatura	Mide la grado o nivel térmico presentes en un cuerpo	Sensor de Temperatura	Secado	50 ° C
	Independiente	Tamaño del granulo	El porcentaje de grano que pasa a través del tamiz de malla	Tamiz y numero de malla	Molienda y Tamizado	95-99 %
	Independiente	Peso	Cantidad de producto final	Balanza	Empaquetado	-----

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

3.2.5. Datos Experimentales

En las tablas 12-3, 13-3 y 14-3 se muestran los datos experimentales obtenidos durante el secado del almidón de camote a 3 temperaturas diferentes durante los ensayos de laboratorio

➤ Datos de Secado

En la Tabla 12-3 se puede apreciar los pesos tomados durante el secado del almidón en dos bandejas pesadas cada 15 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 60 ° C, la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 466 gr de muestra y un peso final de 196 gr obteniéndose un 57.94 % de humedad.

Tabla 12-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 60°C

Tiempo(min)	Bandejas		Sumatoria	Almidón obtenido (g)
	Bandeja 1	Bandeja 2	b1 + b2	
-	1715	1713	3428	-
0	1939	1955	3894	466
15	1926	1943	3869	441
30	1916	1930	3846	418
45	1907	1918	3825	397
60	1898	1905	3803	375
75	1889	1894	3783	355
90	1879	1883	3762	334
105	1870	1874	3744	316
120	1860	1865	3725	297
135	1852	1858	3710	282
150	1844	1852	3696	268
165	1835	1848	3683	255
180	1826	1845	3671	243
195	1818	1843	3661	233
210	1812	1842	3654	226
225	1807	1841	3648	220
240	1803	1840	3643	215
255	1797	1839	3636	208
270	1793	1839	3632	204
285	1788	1839	3627	199
300	1786	1839	3625	197
315	1785	1839	3624	196
330	1785	1839	3624	196

Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018.

En la Tabla 13-3 se puede apreciar los pesos tomados durante el secado del almidón en dos bandejas pesadas cada 15 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 50 ° C, la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 405 gr de muestra y un peso final de 244 gr obteniéndose un % de humedad.

Tabla 13-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 50 ° C

Tiempo (min)	Bandejas		Sumatoria	Almidón obtenido (g)
	Bandeja 1	Bandeja 2	b1 + b2	
-	1244	1240	2484	-
0	1391	1498	2889	405
15	1383	1484	2867	383
30	1380	1481	2861	377
45	1377	1474	2851	367
60	1373	1469	2849	365
75	1369	1465	2834	350
90	1367	1461	2828	344
105	1364	1455	2819	335
120	1361	1449	2810	326
135	1356	1445	2801	317
150	1353	1439	2792	308
165	1350	1434	2784	300
180	1347	1429	2776	292
195	1343	1422	2765	281
210	1341	1420	2761	277
225	1340	1419	2759	275
240	1339	1415	2754	270
255	1338	1411	2749	265
270	1335	1407	2742	258
285	1333	1406	2739	255
300	1332	1400	2732	248
315	1329	1399	2728	244
330	1329	1399	2728	244

Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018

En la Tabla 14-3 se puede apreciar los pesos tomados durante el secado del almidón en dos bandejas pesadas cada 15 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 60 ° C, la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 466 gr de muestra y un peso final de 196 gr obteniéndose un 57.94 % de humedad.

Tabla 14-3: Datos experimentales del secado de almidón de camote a una temperatura de 40 ° C

Tiempo(min)	Bandejas		Sumatoria	Almidón
	Bandeja 1	Bandeja 2	b1 + b2	obtenido (g)
-	1237	1236	2474	-
0	1492	1457	2949	475
15	1488	1454	2942	468
30	1484	1450	2934	460
45	1481	1448	2929	455
60	1478	1446	2924	450
75	1476	1445	2921	447
90	1472	1441	2913	439
105	1469	1439	2908	434
120	1465	1435	2900	426
135	1461	1432	2893	419
150	1457	1429	2886	412
165	1454	1426	2880	406
180	1450	1424	2874	400
195	1448	1422	2870	396
210	1446	1421	2867	393
225	1442	1418	2860	386
240	1440	1416	2856	382
255	1437	1414	2851	377
270	1434	1410	2844	370
285	1430	1407	2837	363
300	1425	1403	2828	354
315	1423	1401	2824	351
330	1405	1387	2792	318
345	1402	1386	2788	314
360	1390	1377	2767	293
375	1386	1372	2758	284
390	1384	1370	2754	280
405	1383	1368	2751	277
420	1379	1362	2741	267
435	1373	1358	2731	257
450	1370	1357	2727	253
465	1369	1357	2726	249

480	1367	1355	2722	248
495	1365	1353	2718	244
510	1363	1351	2714	240
525	1363	1351	2714	240

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.2.6. Cálculos

3.2.6.1. Balances de Masa y Energía

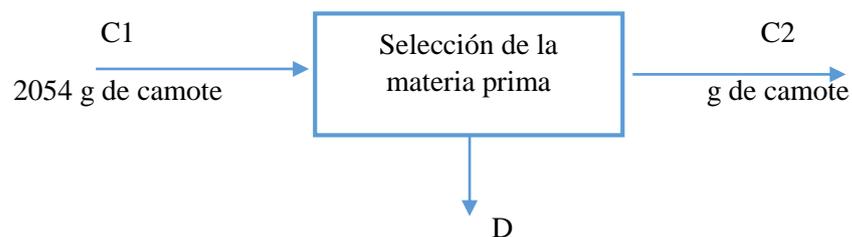
➤ Balance de Materia

Para realizar la propuesta tecnológica de equipos, es necesario realizar balances de materia para determinar los flujos de alimentación y salida de cada operación unitaria, por lo que a continuación se describe los flujos alimentados y de salida en la obtención de almidón a escala de laboratorio, aplicando las leyes de la conservación de materia y energía, sabiendo que en ninguna etapa del proceso se da procesos reactivos y tampoco existe acumulación de flujos, con esto para resolver todos los balances de materia, se utiliza la ecuación :

$$\text{Entrada de flujos} = \text{Salida de flujos}$$

- **Recepción y Selección de la materia prima**

Para la obtención de almidón se partió de 2054 g de camote, de los cuales se hizo la selección de la materia prima, por errores y fallos de calidad del tubérculo se consideró un 5% de pérdidas, con esto el balance de materia fue igual a:



✓ Balance de masa Global:

Ecuación para el cálculo del balance de masa en la etapa de selección:

$$C_2 = C_1 - D$$

$$C_2 = C_1 - 0.05C_1$$

$$C_2 = (2054 - 102.7)g$$

$$C_2 = 1951.3g$$

✓ **Generación de desperdicios**

Ecuación para el cálculo de la generación de desperdicios en el proceso

$$\begin{aligned}C_1 - C_2 &= D \\2054 - 1951.3 &= D \\D &= 102.7 g\end{aligned}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

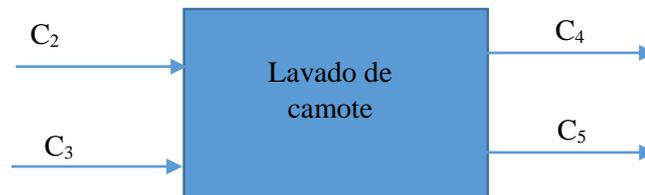
Ecuación para el cálculo del rendimiento del proceso tomada de la ecuación

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento} &= \frac{Ms}{Me} * 100 \\ \text{Rendimiento} &= \frac{1951.3}{2054} * 100 \\ \text{Rendimiento} &= 95 \%\end{aligned}$$

✓ **Lavado**

El lavado de la materia prima es una operación manual que requerirá de un tiempo de lavado de unos 20 segundos por unidad considerando su peso estimado de 200 gr.

Aplicando el 200% de agua para asegurar el lavado del camote.



✓ **Balance global**

Ecuación para el cálculo del balance de masa del proceso de lavado tomada de la ecuación

$$C_2 + C_3 = C_4 + C_5$$

✓ **Masa de agua**

Ecuación para el cálculo de la masa de agua

$$C_3 = \rho * V_w$$
$$C_3 = 0.998 * 2 * 1951.3$$
$$C_3 = 3894.79 \text{ g}$$

✓ **Masa de agua residual**

Ecuación para el cálculo de la masa de agua residual del proceso de lavado

$$C_5 = C_2 + C_3 - C_4$$
$$C_5 = 1951.3 + 3894.79 - 1912.27$$
$$C_5 = 3933.82 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

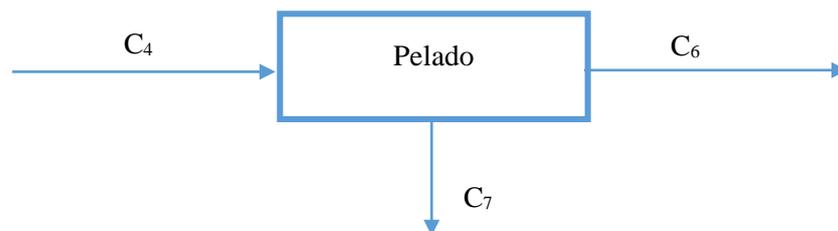
M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{1912.27}{1951.3} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 98 \%$$

Retirándose el 2% del peso del camote por efecto de las impurezas en la cascara

✓ **Pelado de Camote**



Donde:

C_4 : Camote lavado, g.

C_6 : Cascaras de camote, g.

C_7 : Camote pelado, g.

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_4 = C_6 + C_7$$

✓ **Salida de camote**

$$C_7 = C_4 - C_6$$

$$C_7 = 1912.27 - 353$$

$$C_7 = 1559.27 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

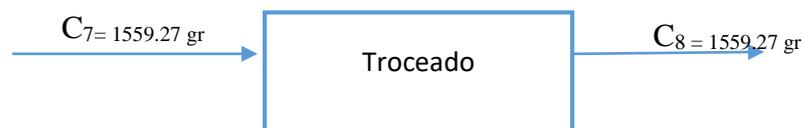
M_e : Masa de entrada (g)

M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{1559.27}{1912.27} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 81.54 \%$$

• **Troceado**



Donde:

C_7 = Camote pelado

C_8 = Camote Troceado

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_7 = C_8$$

✓ **Salida de camote troceado**

$$C_7 = C_8 = 1559.27$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

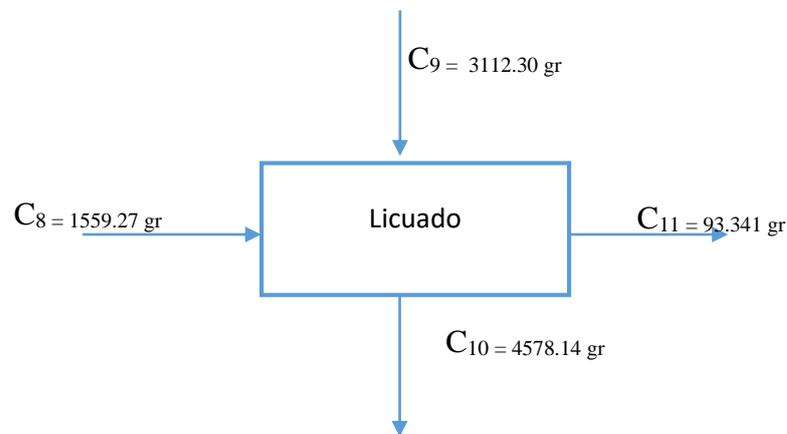
M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{1559.27}{1559.27} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100\%$$

• **Licuada**

Para el licuado se añade 2 litros de agua por kilogramo de camote troceado que se introduzca a la etapa de licuado.



Donde:

C_8 : Camote troceado, g.

C_9 : Agua, g.

C_{10} : Pasta de camote, g.

C_{11} : Pérdidas, g

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_8 + C_9 = C_{10} + C_{11}$$

✓ **Masa de entrada de agua**

$$C_9 = m_{\text{Camote}} * 2 * \rho$$

$$C_9 = 1559.27 * 2 * 0.998$$

$$C_9 = 3112.30 \text{ g}$$

✓ **Residuos adherida a las paredes de la licuadora**

$$C_{11} = C_{10} * 2 \%$$

$$C_{11} = 4671.57 * 2\%$$

$$C_{11} = 93.431 \text{ g}$$

✓ **Masa de salida de pasta de camote**

$$C_{10} = C_8 + C_9 - C_{11}$$

$$C_{10} = 1559.27 + 3112.30 - 93.43$$

$$C_{10} = 4578.14 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

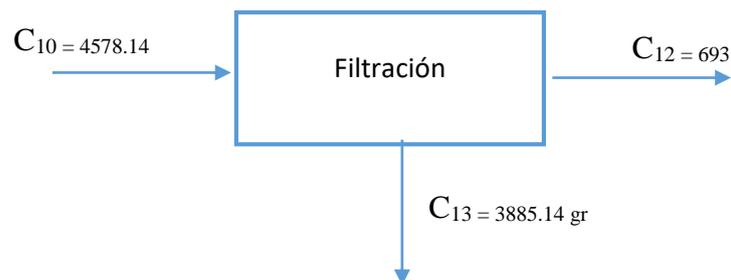
M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{4578.14}{4671.57} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 98 \%$$

Se da una disminución del 2 % debido a que parte de la pasta tiende a quedarse en las paredes de la licuadora.

• **Filtración**



Donde:

C₁₀: Pasta de camote, g.

C₁₂: Residuos sólidos, g.

C₁₃: Lechada de almidón, g.

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_{10} = C_{12} + C_{13}$$

✓ **Masa de salida de lechada del almidón**

$$C_{13} = C_{10} - C_{12}$$

$$C_{13} = 4578.14 - 693$$

$$C_{13} = 3885.14 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

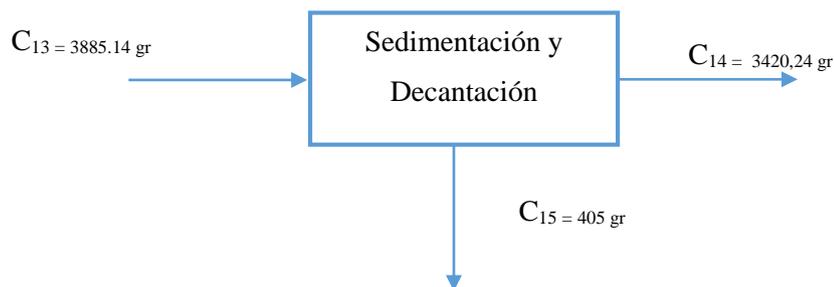
M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{3885.14}{4578.14} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 84.86 \%$$

Se da una disminución del 15.14 % debido a que una parte de la pasta queda retenida dentro de del filtro realizado con la tela de lienzo a la cual se le conoce como afrecho permitiendo así pasar la lechada donde se encuentra el almidón.

• **Sedimentación y Decantación**



Donde:

C₁₃: Lechada del Almidón, g.

C₁₄: Agua residual, g.

C₁₅: Almidón Húmedo, g

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_{13} = C_{14} + C_{15}$$

✓ **Masa de salida de agua residual**

$$C_{14} = C_{13} - C_{15}$$

$$C_{14} = 3885.14 - 405$$

$$C_{14} = 3420.14 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

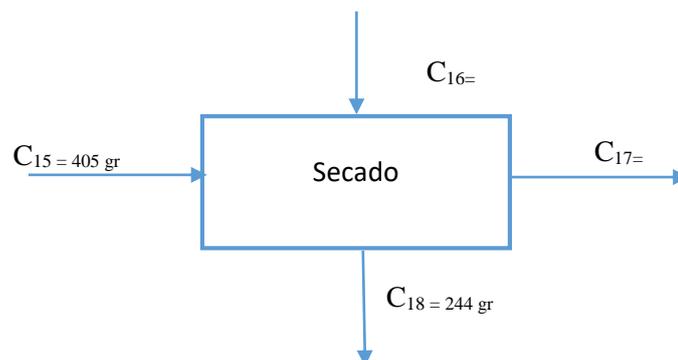
M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{405}{3885.14} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 10.42 \%$$

Se da una disminución del 89.58 % ya que al ser el almidón hidrosoluble en agua este se ira depositando en el fondo del recipiente por acción de la gravedad y donde la mayor cantidad del peso se ira en el líquido sobrenadante que se separara del almidón por medio de decantación.

• **Secado**



Donde:

C₁₅: Almidón húmedo, g.

C₁₆: Aire seco, g

C₁₇: Aire húmedo, g.

C₁₈: Almidón seco, g.

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_{15} + C_{16} = C_{18} + C_{17}$$

✓ **Balance para el componente agua**

$$X_{14}C_{14} + X_{17}M_r = X_{18}C_{18} + X_{16}M_r$$

✓ **Balance para el componente aire**

$$M_r = M_r + M_r X_w$$

$$C_{17} = M_r + M_r X_{17}$$

$$C_{18} = M_r + M_r X_{18}$$

Para calcular el porcentaje de humedad de aire a la entrada y salida del proceso de secado, es necesario determinar mediante una carta psicométrica de humedad, de acuerdo con esto el contenido de humedad es igual a 0.015 (kg de vapor/ kg de aire) y 0.020 (kg de vapor/ kg de aire).

$$(0.678)(675.81) + M_{\text{aire}} (0.015) = M_{\text{aire}} (0.020) + (222.87 * 0.109)$$

$$M_{\text{aire}} = 7572.05 \text{ g}$$

✓ **Masa de aire a la entrada**

$$C_{18} = 7572.05 + 7572.05(0.015)$$

$$C_{18} = 7685.63 \text{ g}$$

✓ **Masa de aire a la salida**

$$C_{19} = 7572.01 + 7572.01(0.020)$$

$$C_{19} = 7723.50 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

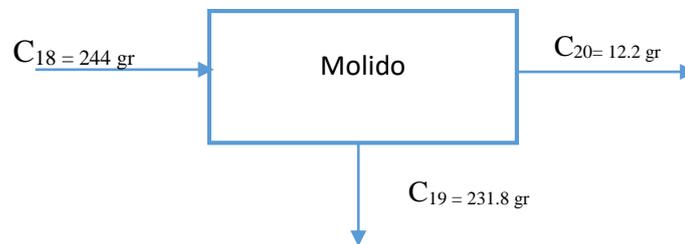
M_e : Masa de entrada (g)

M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{244}{405} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 60.24\%$$

• **Molido**



Donde:

C_{18} : Almidón seco, g.

C_{19} : Almidón fino, g.

C_{20} : Residuos Sólidos, g.

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_{18} = C_{19} + C_{20}$$

✓ **Masa de salida de almidón fino**

$$C_{19} = C_{18} - C_{20}$$

$$C_{19} = 244 - 12.2$$

$$C_{19} = 231.8 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

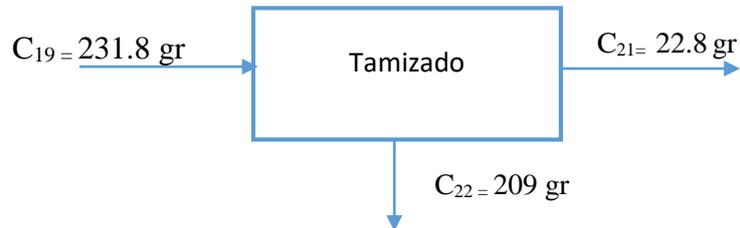
M_e : Masa de entrada (g)

M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{231.8}{244} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 95 \%$$

➤ **Tamizado**



Donde:

C_{19} : Almidón fino, g.

C_{21} : Residuos Sólidos, g.

C_{22} : Almidón fino, g.

✓ **Balance global**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$C_{19} = C_{21} + C_{22}$$

✓ **Masa de salida de almidón fino**

$$C_{22} = C_{19} - C_{21}$$

$$C_{22} = 231.8 - 23.18$$

$$C_{20} = 208.62 \text{ g}$$

✓ **Rendimiento del Proceso**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{208.62}{231.8} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90 \%$$

• **Balanza de masa global**

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100 \%$$

Donde:

M_e : Masa de entrada (g)

M_s : Masa de salida (g)

$$\text{Rendimiento} = \frac{208.62}{1559.27} * 100 \%$$

$$\text{Rendimiento} = 13.37 \%$$

➤ **Balances de energía**

• **Datos tomados de laboratorio**

T_{ae} : Temperatura de entrada de aire, 50 °C.

M_{se} : Masa de almidón húmedo, 0.405 Kg.

T_{al} : Temperatura de Entrada del almidón húmedo, 15°C.

W_{s1} : Contenido de humedad del almidón húmedo, 0.683 Kg de agua/Kg de almidón.

T_{sa} : Temperatura de salida de aire, 18°C.

M_{ss} : Masa del almidón seco, 0.244 Kg.

T_{sa} : Temperatura de salida del almidón, 25°C.

W_{s2} : Contenido de humedad del almidón seco, 0.10 Kg de agua/Kg de almidón.

M_{ae} : Masa de aire a la entrada, 1077.63 Kg.

m_{as} : Masa de aire a la salida, 1082.93 Kg.

w_{a1} : Contenido de humedad del aire a la entrada, 0.015 kg Agua/kg Aire.

w_{a2} : Contenido de humedad del aire a la salida, 0.020 kg Agua/kg Aire.

• **Ecuación general para el balance de materia.**

$$m_{a1}H_{a1} + m_{s1}H_{s1} = m_{a2}H_{a2} + m_{as2}H_{s2} + q \quad \text{Ecuación 101-3}$$

Donde:

m_{a1} : Masa de aire a la entrada, Kg.

m_{s1} : Masa de sólido a la entrada, kg.

m_{a2} : Masa de aire a la salida, Kg.

m_{s2} : Masa de sólido a la salida, kg.

H_{a1} : Entalpia del aire a la entrada, KJ/kg.

H_{s1} : Entalpia del sólido a la entrada, KJ/kg.

H_{a2} : Entalpia del aire a la salida, KJ/kg.

H_{s2} : Entalpia del sólido a la salida, KJ/kg.

- **Ecuaciones adicionales**

$$H_a = 1.005 T_a + W(2500.5 + 1.884T_a) \quad \text{Ecuación 102-1}$$

Donde:

H_a : Entalpia del aire, J/kg.

T_a : temperatura del aire, K.

W : Contenido de humedad del aire, kg Agua/kg Aire.

$$H_s = Cp_s T_s + wC_{pw}T_s \quad \text{Ecuación 103-1}$$

Donde:

H_s : Entalpia del sólido

Cp_s : Capacidad calorífica del almidón, KJ/kg $^{\circ}$ K.

T_s : Temperatura del sólido, $^{\circ}$ K.

W : Contenido de humedad del sólido, kg Agua/Kg Sólido.

C_{pw} : Capacidad calorífica del agua, KJ/kg $^{\circ}$ K.

Se reemplaza las ecuaciones 102-3 y 103-3 en la ecuación 101-3, para el cálculo del calor necesario en el secador se tiene:

$$\begin{aligned} m_{a1}(1.005 T_{a1} + W(2500.5 + 1.884T_{a1})) + m_{s1}Cp_s T_{s1} + wC_{pw}T_{s1} \\ = m_{a2}(1.005 T_{a2} + W(2500.5 + 1.884T_{a2})) + m_{s2}(Cp_s T_{s2} + wC_{pw}T_{s2}) + q \end{aligned}$$

Siendo Cps la capacidad calorífica del sólido, w la humedad del sólido y Ts la temperatura del sólido, siendo la capacidad calorifica del almidon según datos de bibliografica igual a 1.22 kJ/kg $^{\circ}$ C; el calor necesario fue igual a

$$\begin{aligned} (1077.63 * (1.005 * 50 + 0.015(2500.5 + 1.884 * (15))) + 78.12 * (1.22 * 15) + (0.683 * 1 * 15) \\ = 1082.93 * (1.005 (18) + 0.020 * (2500.5 + 1.884 * 18)) + 31.25 * (1.22 * 25 + 0.10 * 1 \\ * 25) + q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q = (1077.63 * (1.005 * 50 + 0.015(2500.5 + 1.884 * (15))) + 78.12 * (1.22 * 15) + (0.683 * 1 * 15) \\ - [1082.93 * (1.005 (18) + 0.020 * (2500.5 + 1.884 * 18)) + 31.25 * (1.22 * 25 + 0.10 * 1 \\ * 25)] \end{aligned}$$

$$q = 21744.648 \text{ KJ}$$

➤ Cálculo del calor producido por el secador

$$Q_g = \frac{V^2}{R} * t$$

Donde:

Q: Calor generado por el secador, J.

V: Voltaje del motor, V.

R: Resistencia instalada, Ω .

T: Tiempo de secado, s.

$$Q_g = \frac{220^2}{10} * (19800)$$
$$Q_g = 95832000 J * \frac{1 KJ}{1000 J}$$
$$Q_g = 95832 KJ$$

➤ Eficiencia Energética

$$\epsilon = \frac{q}{Q_g} * 100$$

Donde:

q: Calor necesario, KJ.

Q_g: Calor generado, KJ.

$$\epsilon = \frac{21744}{95832} * 100$$
$$\epsilon = 20.81\%$$

- **Valores a implementar en la planta**

Como se puede apreciar en la figura 2-3 se muestran los valores y flujos de alimentación que entran y salen en cada etapa del proceso a nivel industrial tomando como referencia los datos obtenidos en el laboratorio.

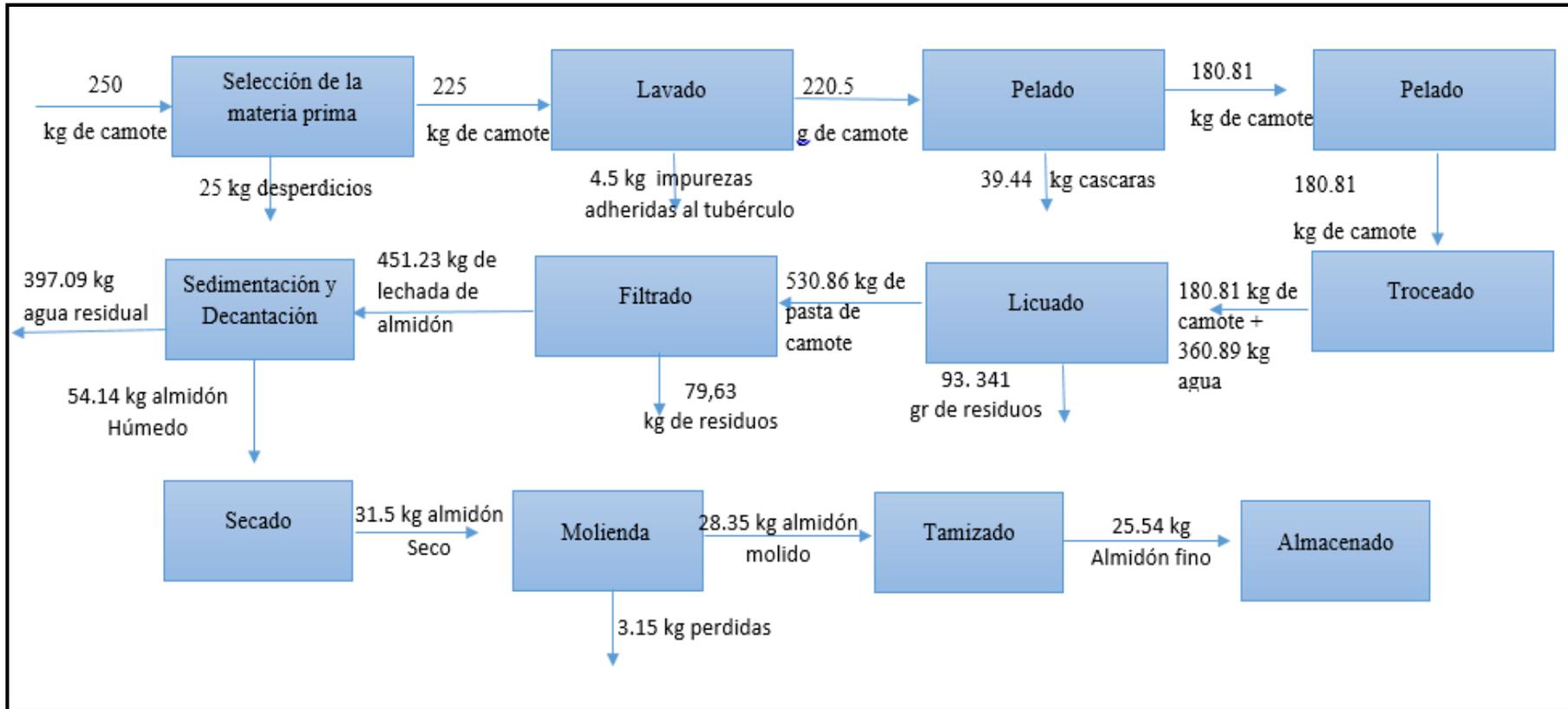


Figura 2-3: Valores a implementar a escala industrial

3.2.6.2. *Diseño de los equipos*

✓ **Diseño del bombo de lavado y pelado del camote**

- Cálculo de la capacidad máxima del bombo tomada de la Ecuación 12-3

$$M_t = M_c + M_w$$

$$M_t = 250 + 450$$

$$M_t = 700 \text{ Kg}$$

- Cálculo de la capacidad Volumétrica del bombo tomado de la ecuación 13-3

$$V_t = V_c + V_w + V_g$$

- Cálculo del Volumen del camote tomado de la ecuación 14-3

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

$$V_p = \frac{250}{980}$$

$$V_p = 0.26 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Volumen de Agua tomado de la ecuación 15-3

$$V_w = \frac{m_w}{\rho_w}$$

$$V_w = \frac{450}{998}$$

$$V_w = 0.45 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Volumen de seguridad tomado de la ecuación 16-3

$$V_g = \frac{20}{100} * (V_c + V_w)$$

$$V_s = \frac{20}{100} * (0.45 + 0.26)$$

$$V_s = 0.14 \text{ m}^3$$

- Calculo del Volumen Total del bombo

$$V_t = V_c + V_w + V_s$$

$$V_t = 0.26 + 0.45 + 0.14$$

$$V_t = 0.85 \text{ m}^3$$

- Cálculo de la Altura del bombo tomado de la ecuación 18-3

$$V_b = \pi r^2 A$$

$$V_b = \pi * \left(\frac{2}{3}\right) A^3$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{3 * 0.85}{2\pi}}$$

$$A = 0.74 \text{ m}$$

- Cálculo de Radio del bombo tomada de la ecuación 19-3

$$r = \frac{2}{3} A$$

$$r = \frac{2}{3} (0.74)$$

$$r = 0.49 \text{ m}$$

- Cálculo de la Altura de las bases del bombo tomada de la ecuación 20-3

$$h_{b1} = 0.2 h_b$$

$$h_{b1} = 0.2 * 0.85$$

$$h_{bb} = 0.17 \text{ m}$$

- Cálculo del Peso de la estructura del bombo tomado de la ecuación 21-3

$$P_b = V_e * \rho_a$$

$$P_b = 0.85 * 400$$

$$P_b = 340 \text{ Kg}$$

- Cálculo del Peso del bombo con carga tomado de la ecuación 22-3

$$P_{bh} = P_b + M_t$$

$$P_{bh} = 340 + 700$$

$$P_{bh} = 1040 \text{ Kg}$$

- Cálculo de la velocidad de giro con el bombo vacío tomado de la ecuación 23-3

$$v_{giro} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * A_b$$

$$v_{giro} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{0,98}} \right) * 0,90$$

$$v_{giro} = 38,55 \text{ rpm}$$

- Cálculo de la velocidad de giro con el bombo cargado tomado de la ecuación 24-3

$$rpm_c = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * \sqrt{2 \sqrt{\frac{m_t}{\pi * A_b}}}$$

$$rpm_c = \left(\frac{42,4}{\sqrt{0,98}} \right) * \sqrt{2 \sqrt{\frac{1040}{\pi * 0,74}}}$$

$$rpm_c = 196,94 \text{ rpm}$$

- Cálculo de la potencia de diseño tomado de la ecuación 25-3

$$P_s = \frac{rpm_c * K_s}{973,8}$$

$$P_d = \frac{206,92 * 1,1}{973,8}$$

$$P_d = \frac{196,94 * 1,1}{973,8}$$

$$P_d = 0,25 \text{ Hp}$$

- Cálculo del diámetro de la polea menor tomado de la ecuación 26-3

$$d = D * i$$

$$d = D * \frac{rpm_c}{v_{giro}}$$

$$d = \frac{38,55}{196,94} * 0,06$$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

- Cálculo de la Longitud de la correa en V tomado de la ecuación 27-3

$$L_v = 1.57(D + d) + 2 + \frac{(D - d)^2}{4}$$

$$L_v = 1.57(0.06 + 0.01) + 0.2 + \frac{(0.06 - 0.01)^2}{4}$$

$$L_v = 0.31 \text{ m}$$

- Cálculo de la Velocidad Tangencial tomado de la ecuación 28-3

$$V = \frac{D * \pi * rpm_c}{60}$$

$$V = \frac{0.06 * \pi * 196.94}{60}$$

$$V = 0.62 \frac{m}{s}$$

- Cálculo de la Distancia entre centros de la polea tomado de la ecuación 29-3

$$H = \frac{L_v}{4} - 0.3925(D - d)$$

$$H = \frac{0.31}{4} - 0.3925(0.06 - 0.01)$$

$$H = 0.06 \text{ m}$$

- Cálculo del Arco de contacto entre la polea y correa tomado de la ecuación 30-3

$$\gamma = 180 - \frac{60(D - d)}{H + \sqrt{H^2 - \frac{(D - d)^2}{8}}}$$

$$\gamma = 180 - \frac{60(0.06 - 0.01)}{0.06 + \sqrt{0.06^2 - \frac{(0.06 - 0.01)^2}{8}}}$$

$$\gamma = 179.81^\circ$$

- Cálculo de la Frecuencia de Flexiones tomado de la ecuación 31-3

$$F = \frac{V * n * 1000}{L_v}$$

$$F = \frac{0.62 * 2 * 1000}{0.31}$$

$$F = 4000 \text{ fpm}$$

- Cálculo del Esfuerzo Tangencial tomado de la ecuación 32-3

$$E = \frac{75 * P_d}{V}$$

$$E = \frac{75 * 0.25}{0.62}$$

$$E = 30.24 \text{ Kg} - f$$

- Cálculo de la Potencia a transmitir tomado de la ecuación 33-3

$$N = \frac{E_t * V}{75}$$

$$N = \frac{30.24 * 0.62}{75}$$

$$N = 0.26 \text{ Hp}$$

- Cálculo de la Eficiencia tomado de la ecuación 34-3

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia a transmitir}}{\text{Potencia de diseño}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.25}{0.26} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 96\%$$

✓ **Diseño de las mesas de corte del camote**

- Cálculo del volumen de la mesa de corte del camote tomado de la ecuación 36-3

$$V_m = L_m * a_m * h_m$$

$$V_m = 1.20 * 0.6 * 0.25$$

$$V_m = 0.18 \text{ m}^3 \text{ por mesa}$$

- Cálculo de la Capacidad por mesa

$$0.18 \text{ m}^3 * \frac{980 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 176 \text{ Kg por mesa}$$

- **Cálculo del Número de unidades por mesa**

Ecuación para el cálculo del volumen de camote tomada de la ecuación 37-3

$$V_c = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

$$V_c = \frac{1}{3} \pi * (0.1)^2 * 0.25$$

$$V_c = 0.0026 \text{ m}^3$$

✓ **Unidades por mesa**

Ecuación para el cálculo del número de unidades por mesa tomada de la ecuación 38-3

$$U_m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$U_m = \frac{0.18}{0.0026}$$

$$U_m = 70 \text{ unidades}$$

✓ **Diseño de la licuadora industrial para el camote**

- **Diseño de la carcasa para la carga del camote**

✓ Cálculo de la Cantidad de volumen a procesar tomado de la ecuación 39-3

$$m_p = m_c + m_{agua}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$m_p = 180.81 + 60.79$$

$$m_p = 241.6 \text{ kg}$$

$$V_p = \frac{m_p}{\rho}$$

$$V_p = \frac{241.6}{980}$$

$$V_p = 0.25 \text{ m}^3$$

✓ **Dimensiones de la carcasa**

$$V_c = h * 2\pi * r^2$$

Donde:

h: Altura, m.

r: Radio, m.

Con la relación que la altura de la carcasa debe ser $\frac{3}{4}$ del área de la licuadora.

$$h = \frac{3}{4}r$$

Remplazando se tiene:

$$V_c = \frac{3}{4}r * 2\pi * r^2$$

$$\sqrt[3]{\frac{4V_c}{6\pi}} = r$$

$$r = 0.34 \text{ m}$$

✓ **Altura de la carcasa**

$$h = \frac{3}{4}r$$

$$h = \frac{3}{4}(0.34)$$

$$h = 0.28 \text{ m}$$

✓ **Peso de la carga**

$$W_c = m_c * g$$

Donde

W_c : Peso de la carga, N.

m_c : Masa de la carga, kg.

$$W_c = m_c * g$$

$$W_c = 241.6 * 9.8$$

$$W_c = 2367.68 \text{ N}$$

✓ **Diseño de las cuchillas**

Ecuación para el cálculo de la tensión del material por efecto de las cuchillas tomando la ecuación 42-3

$$T_x = \frac{W * r}{2}$$
$$T_x = \frac{2367.68 * 0.34}{2}$$

$$T_x = 402.50 \text{ Nm}$$

$$T_y = \frac{W * h}{2}$$

$$T_y = \frac{2367.68 * 0.28}{2}$$

$$T_y = 331.47 \text{ Nm}$$

- ✓ Cálculo de la tensión efectuada por las cuchillas tomado de la ecuación 43-3

$$T = \sqrt{T_y^2 + T_x^2}$$

$$T = \sqrt{402.50^2 + 331.47^2}$$

$$T = 521.41 \text{ Nm}$$

- ✓ Cálculo de la velocidad de giro de las cuchillas tomado de la ecuación 44-3

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{2000}{N_2} = \frac{D_1}{0.20 D_1}$$

$$N_2 = 400 \text{ rpm}$$

- ✓ Cálculo de la Ubicación del centro de las aspas tomado de la ecuación 45-3

$$C = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$C = \frac{0.68 + (0.2 * 0.68)}{2}$$

$$C = 0.40 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la Longitud de las aspas tomado de la ecuación 46-3

$$L = \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) - 2C - \frac{(D_1 + D_2)^2}{4}$$

$$L = 0.08 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la potencia del motor tomado de la ecuación 47-3

$$P_m = \frac{2\pi N_2 T}{6000} * F_s$$

$$P_m = \frac{2\pi * 200 * 521.41}{6000} * 1.2$$

$$P_m = 131.04 \text{ w}$$

$$P_m = 1423.77 \text{ w} * \frac{0.00134 \text{ Hp}}{1 \text{ w}}$$

$$P_m = 0.25 \text{ Hp}$$

- ✓ **Diseño del filtro mecánico**

- ✓ Cálculo de la viscosidad cinemática del fluido tomado de la ecuación 48-3

$$u = (170 + 0.504 * T) * 10^{-4} * \rho$$

$$u = (170 + 0.504 * 18) * 10^{-6} * 980$$

$$u = 0.18 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

- ✓ Cálculo del volumen a procesar de pasta tomado de la ecuación 49-3

$$V_{pasta} = \frac{m_p}{\rho}$$

$$V_{pasta} = \frac{530.86}{980}$$

$$V_{pasta} = 0.54 \text{ m}^3$$

- ✓ Cálculo del volumen del filtro tomado de la ecuación 50-3

$$V_{filtro} = V_{pasta} * f_s$$

$$V_{filtro} = 0.54 * 1.2$$

$$V_{filtro} = 0.64 \text{ m}^3$$

- ✓ Cálculo del radio del filtro tomado de la ecuación

$$V_{filtro} = \pi r^2 * H$$

$$V_{filtro} = \pi r^2 * \frac{4}{3} r$$

$$V_{filtro} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Despejando tenemos la ecuación para el cálculo del radio del filtro:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_{filtro}}{4\pi}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 * 0.64}{4\pi}}$$

$$r = 0.39 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la altura del filtro tomado de la ecuación 52-3

$$H_{filtro} = \frac{4}{3}r$$

$$H_{filtro} = \frac{4}{3}(0.39)$$

$$H_{filtro} = 0.52 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo del área superficial del filtro tomado de la ecuación 53-3

$$A_s = 2\pi * r * H$$

$$A_s = 2\pi * 0.39 * 0.52$$

$$A_s = 1.27 \text{ m}^2$$

- ✓ Cálculo del espesor del lecho filtrante tomado de la ecuación 54-3

$$E = E_{gf} + E_{gg}$$

$$E = 150 + 50$$

$$E = 200 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$E = 0.2 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la caída de presión en el filtro tomado de la ecuación 55-3

$$V_{filtro} = \rho * \frac{\Delta P * A}{u * E}$$

Despejando tenemos:

$$\Delta P = \frac{V_{\text{filtro}} * u * E}{\rho * A}$$
$$\Delta P = \frac{0.64 * 0.18 * 0.2}{980 * 1.27}$$
$$\Delta P = 1.85 * 10^{-5} Pa$$

- ✓ Cálculo del volumen de las placas tomado de la ecuación 56-3

$$Vp = \pi * r^2 * e$$
$$Vp = \pi * 0.39^2 * 0.05$$
$$Vp = 0.061 m^3$$

- ✓ Cálculo del número de placas tomado de la ecuación 57-3

$$n = \frac{Vf}{Vp}$$
$$n = \frac{0.64}{0.061}$$
$$n = 10.4 \approx 10 \text{ placas}$$

- ✓ Cálculo de la separación de las placas tomado de la ecuación 58-3

$$s = \frac{L}{n}$$
$$s = \frac{0.48}{10}$$
$$s = 0.048 m * \frac{100 cm}{1 m}$$
$$s = 4.8 cm$$

- ✓ Cálculo del caudal en el filtro tomado de la ecuación 59-3

$$Q = \frac{V}{t}$$
$$Q = \frac{0.64}{20}$$

$$Q = 0.032 \frac{m^3}{s}$$

- ✓ Cálculo de la velocidad de filtración tomado de la ecuación 60-3

$$v = \frac{Q}{\pi r^2}$$

$$v = \frac{0.032}{\pi * 0.39^2}$$

$$v = 0.66 \frac{m}{s}$$

- ✓ Cálculo del número de Reynolds tomado de la ecuación 61-3

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.66 * 0.175 * 980}{0.18}$$

$$Re = 628.83$$

El régimen es laminar $Re < 2000$.

- ✓ Cálculo del factor de fricción tomado de la ecuación 62-3

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{628.83}$$

$$f = 0.10$$

- ✓ Cálculo de las pérdidas por fricción tomado de la ecuación 63-3

$$h_f = \frac{f * L * v^2}{2 * g * D}$$

$$h_f = \frac{0.11 * 0.48 * 0.66^2}{2 * 9.8 * 0.175}$$

$$h_f = 6.70 * 10^{-3} m$$

- ✓ Cálculo de la altura dinámica de la bomba tomado de la ecuación 64-3

$$H = \frac{\Delta P}{\rho * g} + z_2 + h_f + \frac{v^2}{2g}$$

$$H = \frac{6.71}{9.8 * 980} + 0.28 + 6.70 * 10^{-3} + \frac{0.66^2}{2(9.8)}$$

$$H = 0.30$$

- ✓ Cálculo de la potencia de la bomba tomado de la ecuación 65-3

$$P = \rho * g * Q * H$$

$$P = 980 * 9.8 * 0.032 * 0.30$$

$$P = 92.19 W * \frac{1 Hp}{745 W}$$

$$P = 0.12 Hp$$

- **Diseño del equipo de decantación para el camote triturado**

- ✓ Cálculo de la velocidad de sedimentación tomado de la ecuación 66-3

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - 1}{\mu} \right) d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 980 * \left(\frac{1.98 - 1}{0.000156} \right) (0.006)^2$$

$$V_s = 0.25 \frac{cm}{s}$$

- ✓ Cálculo del número de Reynolds tomado de la ecuación 67-3

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{0.25 * 0.006}{0.0017}$$

$$Re = 0.08$$

Se acepta la velocidad de sedimentación de acuerdo a la ley de Stoke que indica que el número de Reynolds debe ser menor a 0.5.

- ✓ Cálculo del caudal de pasta de almidón que ingresa tomado de la ecuación 68-3

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\frac{m}{\rho_{camote}} + \frac{m_{agua}}{\rho_{agua}}}{t}$$

$$Q = \frac{\frac{451.23}{980} + \frac{163.34}{998}}{300}$$

$$Q = 0.001 \frac{m^3}{s}$$

- ✓ Cálculo del área de sedimentación tomado de la ecuación 69-3

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0.001}{0.0008}$$

$$A_s = 1.25 m^2$$

- ✓ Cálculo de la altura del sedimentador tomado de la ecuación 70-3

$$A_s = \frac{L * H}{2}$$

De acuerdo a (UNAT, 2015, pp. 15-20), en el estudio de diseño de sedimentadores especifica una relacion L/H de 5

$$A_s = \frac{5H * H}{2}$$

$$H = \sqrt{\frac{2A_s}{5}}$$

$$H = \sqrt{\frac{2(1.25)}{5}}$$

$$H = 0.70 m$$

- ✓ Cálculo de la longitud del sedimentador tomado de la ecuación 71-3

$$L = \frac{2A_s}{H}$$

$$L = \frac{2 * 1.25}{0.70}$$

$$L = 3.57 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo del ancho del sedimentador tomando de la ecuación 72-3

$$B = \frac{L}{3}$$

$$B = \frac{3.57}{3}$$

$$B = 1.19 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo del tiempo de retención de la pasta tomando de la ecuación 73-3

$$t_o = \frac{A_s * H}{3600 * Q}$$

$$t_o = \frac{1.25 * 0.70}{3600 * 0.001}$$

$$t_o = 0.24 \text{ h}$$

- ✓ Cálculo del Área de la pantalla difusora tomando de la ecuación 74-3

$$A_p = \frac{A_s * \sqrt{H}}{4850 * t_o}$$

$$A_p = \frac{1.25 * \sqrt{0.68}}{4850 * 0.24}$$

$$A_p = 0.326 \text{ m}^2$$

- ✓ Cálculo de la Altura de los lados de la pantalla difusora tomando de la ecuación 75-1

$$A_p = l^2$$

$$l = \sqrt{A_p}$$

$$l = \sqrt{0.326}$$

$$l = 0.57 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la Altura máxima de la lechada tomando la ecuación 76-1

$$H_2 = \left[\frac{Q}{1.84 B} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = \left[\frac{0.001}{1.84 * 1.12} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_2 = 0.6 \text{ m}$$

- ✓ **Diseño del equipo de secado para el almidón**

- **Dimensionamiento Energético del secador**

- ✓ Cálculo del calor necesario para calentar la pasta de almidón tomada de la ecuación 77-1

$$Q_a = W_1 * C_{p_{camote}} * (T_{sh} - T_{ec})$$

$$Q_a = 31.5 \text{ kg} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * 0.29 * (77 - 59)$$

$$Q_a = 361.74 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Cálculo del calor necesario para calentar y evaporar el agua tomado de la ecuación 78-1

$$Q_b = W_b * C_{pw} * (212 - T_{ew}) + W_b h_{fg}$$

$$Q_b = (80.04 * 2.2) * 1 * (212 - 77) + (80.04 * 2.2) * 970.4$$

$$Q_b = 195529.96 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Cálculo del calor necesario para aumentar la temperatura del vapor tomada de la ecuación 79-1

$$Q_c = W_b * (h_{gt} - h_{ft})$$

$$Q_c = (80.04 * 2.2) * (623.22 - 613.85)$$

$$Q_c = 1649.96 \frac{\text{Kg}}{\text{Kcal}} * \frac{1.8 \text{ Btu}}{\text{lb}}$$

$$Q_c = 2969.92 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

- Cálculo del calor total para el secado tomada de la ecuación 80-1

$$Q_t = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_t = 358.88 + 195529.96 + 2969.92$$

$$Q_t = 198858.76 \frac{BTU}{h}$$

➤ Cálculo del consumo de vapor tomada de la ecuación 81-1

$$CV = \frac{Q_t}{hfg}$$

$$CV = \frac{198858.76}{970.4}$$

$$CV = 204.92 \frac{lb}{h}$$

➤ **Cálculo de la potencia del motor para el secado tomada de la ecuación 82-1**

Conociendo que 1 Hp del generador de vapor genera $340.50 \frac{lb}{h}$ de aire (Smith, 2005, pp. 852) la potencia necesaria será igual a:

$$Potencia = \frac{CV * 1}{340.50} * Fs$$

$$Potencia = \frac{204.92 * 1}{340.50} * 1.2$$

$$Potencia = 0.72 Hp \approx \frac{3}{4} Hp$$

✓ Cálculo del área de transferencia de calor tomada de la ecuación 83-1

$$Q_t = UA_t \Delta T$$

$$A_t = \frac{Q_t}{U \Delta T}$$

Para el gradiente de temperatura se tiene:

$$\Delta T = \frac{\Delta T_{solido} - \Delta T_{aire}}{2}$$

$$\Delta T = \frac{(25 - 15) - (18 - 50)}{2}$$

$$\Delta T = 10^\circ C * \frac{5}{9} + 32^\circ F$$

$$\Delta T = 50^\circ F$$

$$A_t = \frac{198858.76}{50 * 100}$$

$$A_t = 39.72 \text{ ft}^2 * \frac{(30.48 \text{ cm})^2}{1 \text{ ft}^2} * \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2}$$

$$A_t = 12.12 \text{ m}^2$$

- ✓ Cálculo del ancho del secador tomada de la ecuación 84-3

$$A_t = \frac{b * h}{2}$$

$$A_t = \frac{\frac{3}{4} b^2}{2}$$

$$b = \sqrt{\frac{8 * 12.12}{3}}$$

$$b = 5.68 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la altura del secador tomada la ecuación 85-3

$$h = \frac{3}{4} b$$

$$h = 4.26 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo del número de bandejas tomada de la ecuación 86-3

$$N \text{ platos} = \frac{\text{Area total}}{\text{Area del rotor}}$$

(Smith, 2005, pp. 852), el rotor consume un tercio del aire generado en el sistema se tiene que:

$$A_{\text{rotor}} = \frac{1}{3} * \left(\frac{Q_t}{U \Delta T} \right)$$

$$A_{\text{rotor}} = \frac{1}{3} * \left(\frac{198858.76}{50 * 100} \right)$$

$$A_{\text{rotor}} = 1.32$$

$$N \text{ platos} = \frac{A \text{ total}}{\text{Area del rotor}} * fs$$

$$N \text{ platos} = \frac{12.12}{1.24} * 1.2$$

$$N \text{ platos} = 11.72 \approx 12 \text{ unidades}$$

- ✓ Cálculo de la separación entre bandejas tomada de la ecuación 87-3

$$\text{Separación} = \frac{h}{N \text{ platos}}$$

$$\text{Separación} = \frac{4.26}{12}$$

$$\text{Separación} = 0.35 \text{ m}$$

➤ **Diseño del molino de fricción**

- ✓ Cálculo del volumen a triturar tomada de la ecuación 88-3

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{31.5}{980}$$

$$V = 0.03 \text{ m}^3$$

- ✓ Cálculo del radio de la carcasa tomada de la ecuación 89-3

$$D = \sqrt[3]{\frac{2V}{3\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * 0.03}{3 * 3.1416}}$$

$$D = 0.18 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la altura de la carcasa tomada de la ecuación 90-3

$$H = \frac{4}{3}D$$

$$H = \frac{4}{3} * 0.18$$

$$H = 0.25 \text{ m}$$

- ✓ Cálculo de la Capacidad de transporte tomada de la ecuación 92-3

$$s = \frac{\gamma * \pi * D^2}{4}$$

$$s = \frac{0.25 * \pi * 0.18^2}{4}$$

$$s = 0.006 \text{ m}^2$$

- ✓ Cálculo de la velocidad de molienda tomada de la ecuación 93-3

$$v = \frac{p * n}{60}$$

$$v = \frac{0.01 * 160}{60}$$

$$v = 0.03 \frac{m}{s}$$

- ✓ Cálculo del caudal de material molido tomada de la ecuación 94-3

$$Q = S * v * \rho$$

$$Q = 0.0060 * 0.03 * 980$$

$$Q = 0.018 \frac{kg}{s}$$

- ✓ Cálculo del tiempo de molienda tomada de la ecuación 95-3

$$t = \frac{m}{Q}$$

$$t = \frac{31.25}{0.018}$$

$$t = 1750 s * \frac{1 \text{ min}}{60 s}$$

$$t = 29 \text{ min}$$

- ✓ Cálculo de la potencia del motor tomada de la ecuación 96-3

$$P = \frac{Q * (L + D)}{367} + \frac{L * D}{2}$$

$$P = \frac{0.018 * (0.25 + 0.18)}{367} + \frac{0.25 * 0.18}{2}$$

$$P = 0.10 \approx \frac{1}{4} \text{ Hp}$$

➤ **Diseño del tamiz vibratorio para el almidón**

- ✓ Cálculo de la potencia del motor tomada de la ecuación 97-3

$$P = 10 \dot{m} W_a \left(\frac{1}{\sqrt{D_{p1}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{p2}}} \right) * F_s$$

$$P = 10 * 28.12 * \frac{1}{3600} * 0.48 * \frac{1}{(1000)^{\frac{1}{2}}} * \left(\frac{1}{\sqrt{3.8 * 10^{-5} m}} - \frac{1}{\sqrt{8.5 * 10^{-4} m}} \right) * 1.2$$

$$P = 0.18 Kw * \frac{1.35 Hp}{1 Kw}$$

$$P = 0.25 Hp$$

- ✓ Cálculo del tamaño de la criba y del armazón del tamiz tomada de la ecuación 98-3

$$V_{tamiz} = \frac{m_a}{\rho_a} * Fs$$

$$V_{tamiz} = \frac{28.35}{980} * 1.2$$

$$V_{tamiz} = 0.034 m^3$$

- ✓ Cálculo de la Altura de la base tomada de la ecuación 99-3

$$V = a_1 + 2a_b$$

$$a_1 = l * l$$

$$a_b = 2 * b * l$$

l: Lado del soporte del tamiz, m.

b: Ancho del soporte del tamiz, m. Siguiendo la relación que b=2l.

$$a_b = 2 * (2l) * l$$

$$a_b = 4 l^2$$

$$a_1 = l^2$$

$$V = l^2 + 8l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{V}{9}}$$

$$l = \sqrt{\frac{0.03}{9}}$$

$$l = 0.10 m$$

- ✓ Cálculo del Ancho de la base tomada de la ecuación 100-3

$$b = 2l$$

$$b = 0.10 * 2$$

$$b = 0.20 m$$

➤ **Diseño de las bandas transportadoras para el camote**

- ✓ Cálculo de la Capacidad del transportador tomada de la ecuación 101-3

$$Q = 3600VA\gamma\phi$$
$$Q = 3600(150)(0.135)(0.05995)(0.80)$$
$$Q = 3.496 \frac{Tn}{h}$$

- ✓ Cálculo del Diámetro de la banda tomada de la ecuación 102-3

$$D = \frac{B}{\pi + \frac{1}{3}}$$
$$D = \frac{24}{\pi + \frac{1}{3}}$$
$$D = 6.91 \text{ pulgadas}$$

✓ **Cálculo de Tensión Soportada por la banda**

- ✓ Cálculo del Factor de fricción de los rodillos tomada de la ecuación 103-3

$$K_x = 0.00068 \left(\frac{33.3Q}{V} + W_m \right) + \frac{A_i}{S_i}$$
$$K_x = 0.0068 * \left(\frac{33.3(1613.4)}{150} + 3.49 \right) * \frac{6.2}{2}$$
$$K_x = 7.62 \frac{lb}{ft}$$

➤ **Cálculo del Factor de Fricción de la banda**

- ✓ Cálculo de la fricción en las secciones curvas tomada de la ecuación 104-3

$$F = 2T \text{Sen}\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$
$$F = 2(0.025) \text{Sen}\left(\frac{10}{2}\right)$$
$$F = 2(0.025) \text{Sen}\left(\frac{10}{2}\right)$$
$$F = 0.05 \frac{lb}{ft}$$

- ✓ Cálculo de la Tensión Efectiva tomada de la ecuación 105-3

$$T_e = L * K_t(K_x + K_y W_b) + W_m(LK_y + H) + C_f$$

$$T_e = L * K_t(K_x + K_y W_b) + W_m(LK_y + H) + C_f$$

$$T_e = (40 * 6.91) * (7.64 + 0.05(1613.4)) + 4.5((40 * 6.91)0.05 + 2) + 15$$

$$T_e = 24495.074 \text{ lb}$$

- ✓ Cálculo de la Potencia necesaria tomada de la ecuación 106-3

$$P = \frac{T_e * V}{3300000 * \eta}$$

Donde:

η : Eficiencia, para las características de la banda se tendrá una eficiencia del 94%.

$$P = \frac{24495.074 * 150}{3300000 * 0.94}$$

$$P = 1.2 \text{ Hp}$$

3.2.7. Resultados

3.2.7.1. Resultados de la Caracterización del tubérculo de camote (*Ipomoea Batatas L.*)

- Caracterización Fisicoquímica de la Materia Prima

A continuación en la **Tabla 15-3**, se presentan los valores referenciales para la caracterización fisicoquímica de la materia prima, de acuerdo a la base teórica de Zambrano (2013), Zhindón (2013) y la INIAP (2017), además con el aporte de (Huang et a., 2007 ; citado por Medina 2013, p. 65) que menciona: el contenido humedad presente en los tubérculos dependerá de manera directa de la etapa de cosecha además de la fertilidad del suelo y el régimen de agua presente en el mismo.

Tabla 15-3: Valores referenciales para la caracterización fisicoquímica de la materia prima

Determinación	Contenido			Unidades
Humedad	59.56	58.09	72.84	%
Cenizas	1.19	0.79	4.11	%
Grasas	0.64	0.21	1.25	%
Fibra	9.76	2.35	3.19	%
Proteína	1.60	1.34	2.8	%

Fuente: Zambrano (2013), Zhindón (2013) y la INIAP (2017), además con el aporte de (Huang et a., 2007
Adaptado Por: Edwin Cuadrado, 2019

En la tabla 16-3 se muestran los resultados de la caracterización Fisicoquímica de los tubérculos de camote, obtenido en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en

Aguas y Alimentos (SAQMIC) en la ciudad de Riobamba, ya que se trata de un laboratorio acreditado por tanto sus resultados son confiables. (Los resultados originales se muestran en el Anexo C).

De acuerdo a los resultados obtenidos para la caracterización físico química de nuestra materia prima con respecto a datos proporcionados según las diferentes fuente bibliográficas revisadas, podemos concluir que nuestros resultados se encuentran dentro del rango para camotes de diverso origen.

Tabla 16-3: Caracterización Físicoquímica de Materia Prima (Camote)

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado
Humedad	INEN 1235	%	67.78
Cenizas	INEN 401	%	1.06
Grasa	INEN 523	%	1.61
Fibra	INEN 522	%	2.10
Proteína	INEN 543	%	1.89
Azúcares Totales	INEN 398	%	5.12
Carbohidratos	-	%	21.44

Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos (SAQMIC)
Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

- **Caracterización Física de la materia prima**

La caracterización física del raíz tuberosa de camote (*Ipomoea batatas L.*) consistió básicamente en la descripción del aspecto externo que presenta la raíz , realizada en una muestra de 15 raíces de camote a través de la cual se obtuvo los siguientes resultados que se muestran a continuación.

- **Forma:**

Las fotografías 14-3 y 15-3 muestran las diferentes formas que los tubérculos de camote pueden presentar , desde alargadas hasta ovaladas con una superficie lisa; para dicha descripción se tomó como referencia la bibliografía del texto “Raíces y Tubérculos” de López, 1984 citado por Granja(2006) en la cual describe las diferentes formas que la raíz tuberosa del camote puede llegar a presentar como son fusiforme, alargada u ovoide; en cuanto a la coloración de su cáscara como se puede observar presenta un tono café muy parecida a la de la papa, debido a la tierra y otras impurezas adheridas durante la etapa de cosecha, que fácilmente al pasar por la etapa de lavado estas se podrán retirar presentando una coloración morada, además de que se puede evidenciar que debido a la forma delgada e irregular que presentan los tubérculos dificulta la eliminación de su cascara.



Fotografía 14-3: Camote en forma ovalada



Fotografía 15-3: Camote en forma alargada

De acuerdo a revisiones bibliográficas nuestra descripción concuerda con las reportadas por Manzanillas (2018), Guisar et al. (2008) y Medina (2013) para diferentes variedades de camote, entre ellos el camote guayaco morado, además de que según Manzanillas y Guisar concluyen que la apariencia externa que los tubérculos presentan dependerá de la variedad de camote, llegando a presentar formas cilíndricas e irregulares de forma alargada y ovalada, con superficies rugosas o lisas.

- **Dimensiones:**

En la tabla 17-3 se presentan los valores referenciales que permite realizar la caracterización física del camote de acuerdo con los autores como Medina (2013, p.64) y (Zhindón, 2013, p.41).

Tabla 17-3: Valores referenciales para las características físicas del camote

Características físicas	Valor		Unidades
Longitud	13-31	8.44	g
Diámetro	8-15	5.24	g
Peso	200-2000	76.86	g

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

En la tabla 18-3 se presentan los resultados obtenidos de las distintas características físicas del camote determinadas en el laboratorio, como son la longitud, peso, ancho, volumen y densidad que presenta la raíz tuberosa de camote.

Tabla 18-3: Características Físicas del Camote

Muestras	Longitud(cm)	Diámetro(cm)	Peso total (g)	Volumen	Densidad
1	11.762	6.066	231.2	622	0.373
2	13.772	4.934	185	500	0.356
3	11.674	5.34	223.6	443.8	0.502
Promedio	12.402	5.446	21.27	521.93	0.411

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

Los resultados obtenidos para la características físicas de la materia prima presentaron un peso promedio de 213,27 gr, longitud promedio de 12,40 cm y un diámetro promedio de 5,446 cm, con valores de longitud promedio de 8,44 cm, diámetros de 5,24 cm y pesos de 76,86 g, lo que demuestra que nuestros resultados se encuentran dentro del rango para camotes de diverso origen según las respectivas fuentes bibliográficas revisadas.

En la tabla 19-3 se puede evidenciar el rendimiento que presento el camote, para lo cual se hizo una relación de los pesos de la cascara de cada muestra y de la pulpa presentando un bajo porcentaje de pérdidas en cuanto al peso de su cascara siendo este de un 14.06 %.

Tabla 19-3: Rendimientos del Camote

Muestras	Peso Total (g)	Peso cascara (g)	Peso Pulpa (g)	Porcentaje de cascara (%)	Porcentaje de pulpa (%)
1	231.2	24.34	206.85	10.53 %	89.47%
2	185	28.98	156.01	15.67%	84.33%
3	223.6	35.73	187.86	15.98%	84.02%
Promedio	213.27	29.68	183.57	14.06%	89.25%

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

3.2.7.2. Resultados de las pruebas de secado para la obtención de almidón

Como se puede ver a continuación se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales de secado del almidón de camote previamente obtenido durante las etapas anteriores en los respectivos ensayos a nivel de laboratorio con el objetivo de evaluar cuál es la temperatura de secado más apropiada para la muestra de almidón de camote.

- **Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar el almidón de camote a 60 ° C**

En la tablas 20-3 y 21-3 se puede apreciar los cálculos realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0.166 \text{ m}^2$ y un peso del solido seco $S = 196 \text{ gr}$ con su respectiva velocidad de secado para así obtener la curva y el tiempo total de secado para el almidón de camote en un secador de bandejas a una temperatura de 60°C.

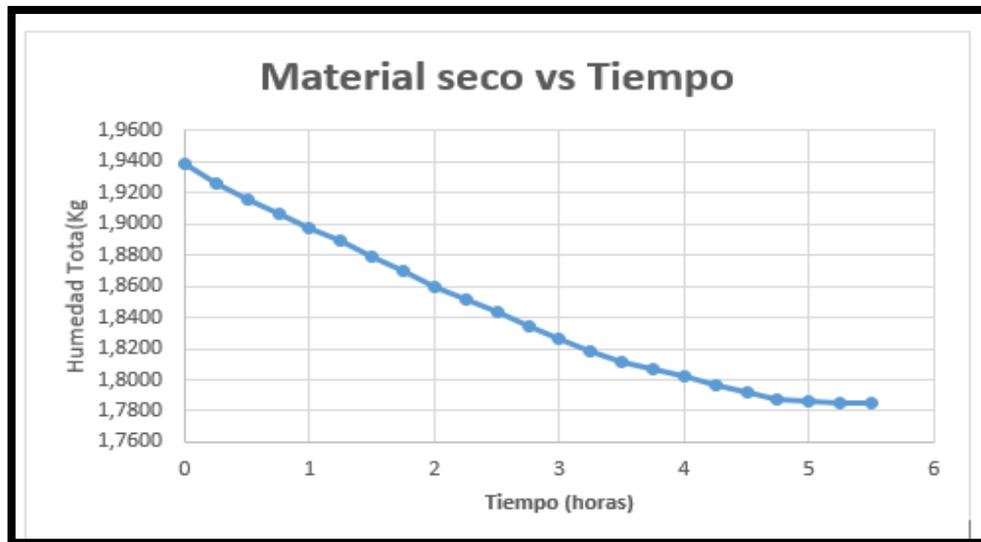
Tabla 20-3: Resultados del secado del almidón de camote a una temperatura de 60 ° C (bandeja 1)

Tiempo (MIN)	Humedad T(g)	Humedad T (kg)	X en BS	Humedad promedio (X1+X2)/2	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W	1/W
0	1939	1.9390	0.0863	-	-	-	-	-	-
15	1926	1.9260	0.0790	0.0826	-0.0073	0.2500	-0.0291	0.3133	3.1923
30	1916	1.9160	0.0734	0.0762	-0.0056	0.2500	-0.0224	0.2410	4.1500
45	1907	1.9070	0.0683	0.0709	-0.0050	0.2500	-0.0202	0.2169	4.6111
60	1898	1.8978	0.0632	0.0658	-0.0052	0.2500	-0.0206	0.2217	4.5109
75	1889	1.8890	0.0583	0.0607	-0.0049	0.2500	-0.0197	0.2120	4.7159
90	1879	1.8790	0.0527	0.0555	-0.0056	0.2500	-0.0224	0.2410	4.1500
105	1870	1.8700	0.0476	0.0501	-0.0050	0.2500	-0.0202	0.2169	4.6111
120	1860	1.8600	0.0420	0.0448	-0.0056	0.2500	-0.0224	0.2410	4.1500
135	1852	1.8518	0.0374	0.0397	-0.0046	0.2500	-0.0184	0.1976	5.0610
150	1844	1.8440	0.0331	0.0352	-0.0044	0.2500	-0.0175	0.1880	5.3205
165	1835	1.8350	0.0280	0.0305	-0.0050	0.2500	-0.0202	0.2169	4.6111
180	1826	1.8260	0.0230	0.0255	-0.0050	0.2500	-0.0202	0.2169	4.6111
195	1818	1.8180	0.0185	0.0207	-0.0045	0.2500	-0.0179	0.1928	5.1875
210	1812	1.8120	0.0151	0.0168	-0.0034	0.2500	-0.0134	0.1446	6.9167
225	1807	1.8070	0.0123	0.0137	-0.0028	0.2500	-0.0112	0.1205	8.3000
240	1803	1.8025	0.0098	0.0111	-0.0025	0.2500	-0.0101	0.1084	9.2222
255	1797	1.7968	0.0066	0.0082	-0.0032	0.2500	-0.0128	0.1373	7.2807
270	1793	1.7925	0.0042	0.0054	-0.0024	0.2500	-0.0096	0.1036	9.6512
285	1788	1.7878	0.0016	0.0029	-0.0026	0.2500	-0.0105	0.1133	8.8298
300	1786	1.7858	0.0004	0.0010	-0.0011	0.2500	-0.0045	0.0482	20.7500
315	1785	1.7850	0.0000	0.0002	-0.0004	0.2500	-0.0018	0.0193	51.8750
330	1785	1.7850	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	-

Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018

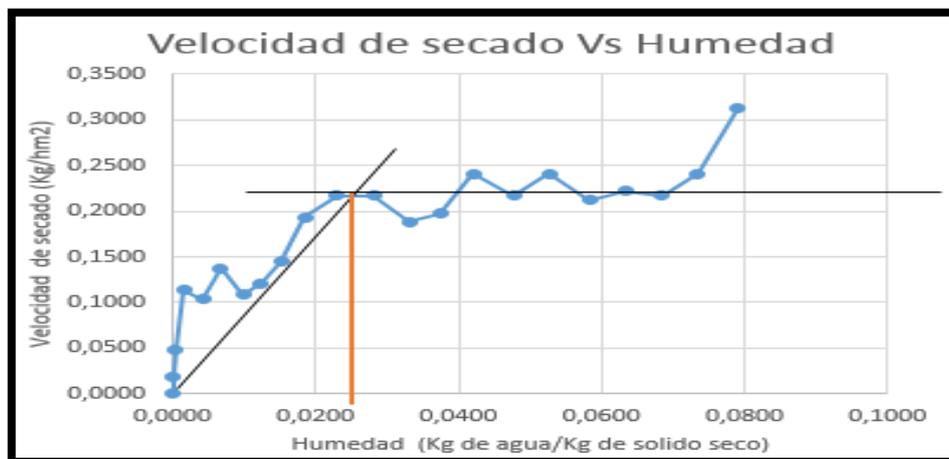
En la Grafica 2-3 se observa el comportamiento de la humedad del almidón de camote frente al tiempo de secado a una temperatura de 60 ° C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que el tiempo pasa. En la Grafica 3-3 se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del almidón de camote obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0.028$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0.22$ Kg/ hm² dándonos como

resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 2.493$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 3.007$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 5 h con 30 min (330 min)



Grafica 2-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 1 en un Secador de Bandejas H vs T

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018



Grafica 3-3: Curva de secado de almidón de camote de la bandeja 1 en un Secador de Bandejas W vs X

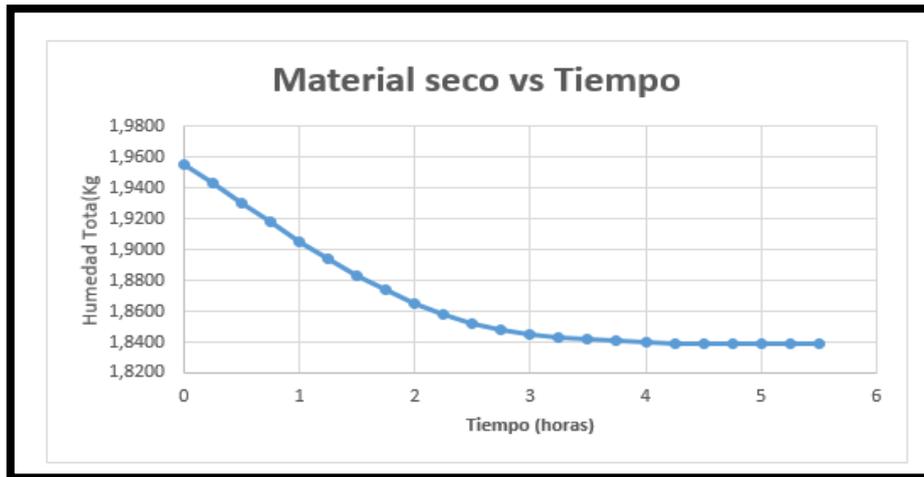
Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018

Tabla 21-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 60°C (bandeja 2)

Tiempo (MIN)	Humedad T(g)	Humedad T (kg)	X en BS	Humedad promedio (X1+X2)/2	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W	1/W
0	1955	1.9550	0.0631	-	-	-	-	-	-
15	1943	1.9430	0.0566	0.0598	-0.0065	0.2500	-0.0261	0.2892	3.4583
30	1930	1.9300	0.0495	0.0530	-0.0071	0.2500	-0.0283	0.3133	3.1923
45	1918	1.9180	0.0430	0.0462	-0.0065	0.2500	-0.0261	0.2892	3.4583
60	1905	1.9050	0.0359	0.0394	-0.0071	0.2500	-0.0283	0.3133	3.1923
75	1894	1.8940	0.0299	0.0329	-0.0060	0.2500	-0.0239	0.2651	3.7727
90	1883	1.8830	0.0239	0.0269	-0.0060	0.2500	-0.0239	0.2651	3.7727
105	1874	1.8740	0.0190	0.0215	-0.0049	0.2500	-0.0196	0.2169	4.6111
120	1865	1.8650	0.0141	0.0166	-0.0049	0.2500	-0.0196	0.2169	4.6111
135	1858	1.8580	0.0103	0.0122	-0.0038	0.2500	-0.0152	0.1687	5.9286
150	1852	1.8520	0.0071	0.0087	-0.0033	0.2500	-0.0131	0.1446	6.9167
165	1848	1.8480	0.0049	0.0060	-0.0022	0.2500	-0.0087	0.0964	10.3750
180	1845	1.8450	0.0033	0.0041	-0.0016	0.2500	-0.0065	0.0723	13.8333
195	1843	1.8430	0.0022	0.0027	-0.0011	0.2500	-0.0044	0.0482	20.7500
210	1842	1.8420	0.0016	0.0019	-0.0005	0.2500	-0.0022	0.0241	41.5000
225	1841	1.8410	0.0011	0.0014	-0.0005	0.2500	-0.0022	0.0241	41.5000
240	1840	1.8400	0.0005	0.0008	-0.0005	0.2500	-0.0022	0.0241	41.5000
255	1839	1.8390	0.0000	0.0003	-0.0005	0.2500	-0.0022	0.0241	41.5000
270	1839	1.8390	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	41.5000
285	1839	1.8390	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
300	1839	1.8390	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
315	1839	1.8390	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
330	1839	1.8390	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000

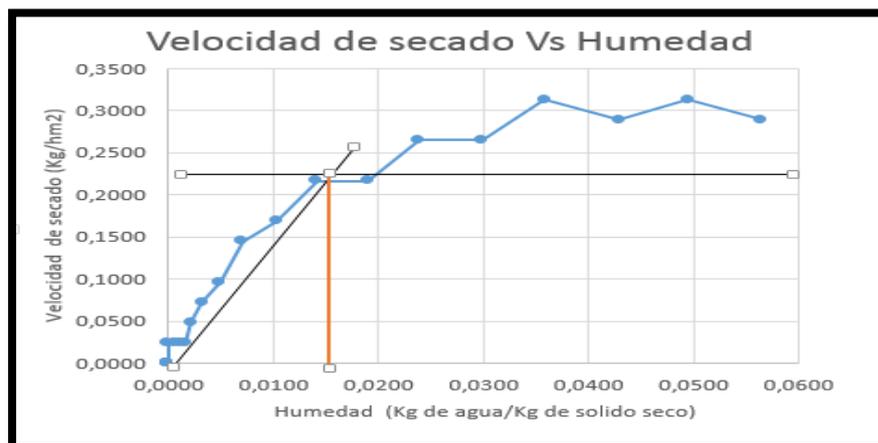
Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

En la Grafica 4-3 se observa el comportamiento de la humedad del almidón de camote frente al tiempo de secado a una temperatura de 60 ° C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que el tiempo pasa. En la Grafica 5-3 se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del almidón de camote obteniéndose un valor de humedad critica $X_c = 0.016$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad critica $W_c = 0.21$ Kg/ hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 2.110$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 2.390$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 5 h con 30 min (330 min)



Grafica 4-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 2 en un Secador de BANDEJAS H VS T

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018



Grafica 5-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 2 en un Secador de Bandejas W vs X

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018

- Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar el almidón de camote a 50 ° C

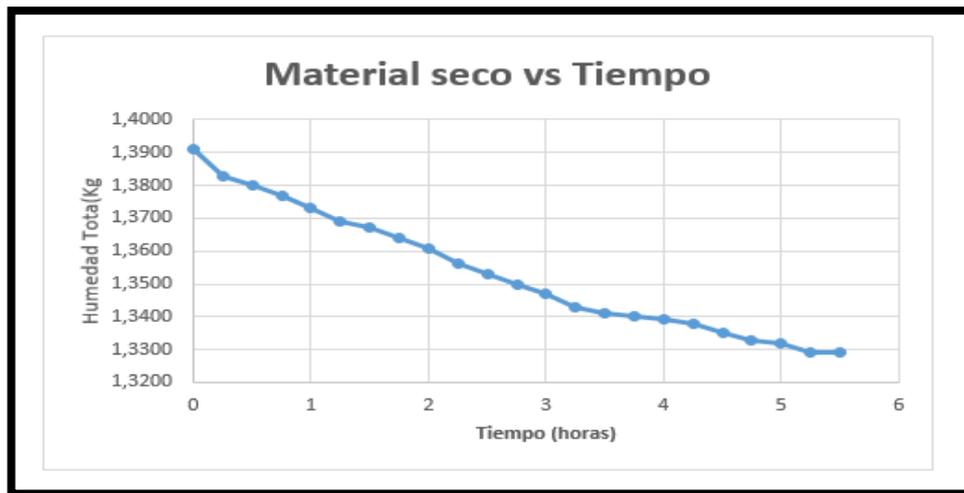
En la tablas 22-3 y 23-3 se puede apreciar los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A = 0.166 \text{ m}^2$ y un peso del solido seco $S = 244 \text{ gr}$ con su respectiva velocidad de secado para así obtener la curva y el tiempo total de secado para el almidón de camote en un secador de bandejas a una temperatura de 50°C.

Tabla 22-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 50°C (bandeja 1)

Tiempo (MIN)	Humedad T(g)	Humedad T (kg)	X en BS	Humedad promedio (X1+X2)/2	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W	1/W
0	1391	1.3910	0.0467	-	-	-	-	-	-
15	1383	1.3830	0.0406	0.0436	-0.0060	0.2500	-0.0241	0.1928	5.1875
30	1380	1.3800	0.0384	0.0395	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
45	1377	1.3770	0.0361	0.0372	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
60	1373	1.3730	0.0331	0.0346	-0.0030	0.2500	-0.0120	0.0964	10.3750
75	1369	1.3690	0.0301	0.0316	-0.0030	0.2500	-0.0120	0.0964	10.3750
90	1367	1.3670	0.0286	0.0293	-0.0015	0.2500	-0.0060	0.0482	20.7500
105	1364	1.3640	0.0263	0.0275	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
120	1361	1.3610	0.0241	0.0252	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
135	1356	1.3560	0.0203	0.0222	-0.0038	0.2500	-0.0150	0.1205	8.3000
150	1353	1.3530	0.0181	0.0192	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
165	1350	13500	0.0158	0.0169	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
180	1347	1.3470	0.0135	0.0147	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
195	1343	1.3430	0.0105	0.0120	-0.0030	0.2500	-0.0120	0.0964	10.3750
210	1341	1.3410	0.0090	0.0098	-0.0015	0.2500	-0.0060	0.0482	20.7500
225	1340	1.3400	0.0083	0.0087	-0.0008	0.2500	-0.0030	0.0241	41.5000
240	1339	1.3390	0.0075	0.0079	-0.0008	0.2500	-0.0030	0.0241	41.5000
255	1338	13380	0.0068	0.0071	-0.0008	0.2500	-0.0030	0.0241	41.5000
270	1335	1.3350	0.0045	0.0056	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
285	1333	1.3330	0.0030	0.0038	-0.0015	0.2500	-0.0060	0.0482	20.7500
300	1332	1.3320	0.0023	0.0026	-0.0008	0.2500	-0.0030	0.0241	41.5000
315	1329	1.3290	0.0000	0.0011	-0.0023	0.2500	-0.0090	0.0723	13.8333
330	1329	1.3290	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	-

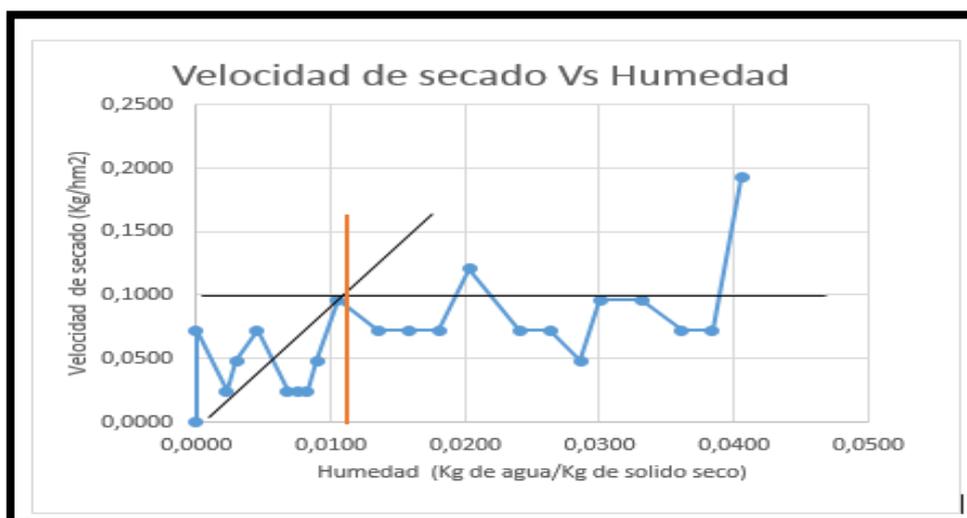
Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018

En la Grafica 6-3 se observa el comportamiento de la humedad del almidón de camote frente al tiempo de secado a una temperatura de 50 ° C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que el tiempo pasa. En la Grafica 8-3 se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del almidón de camote obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0.011 \text{ gr Kg de agua/Kg de solido seco}$, y una velocidad crítica $W_c = 0.1 \text{ Kg/ hm}^2$ dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 2.370 \text{ h}$ y un periodo postcrítico $\Theta_p = 3.130 \text{ h}$ esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 5 h con 30 min (330 min)



Grafica 6-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 1 en un Secador de Bandejas H vs T

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018



Grafica 7-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 1 en un Secador de Bandejas W vs X

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018

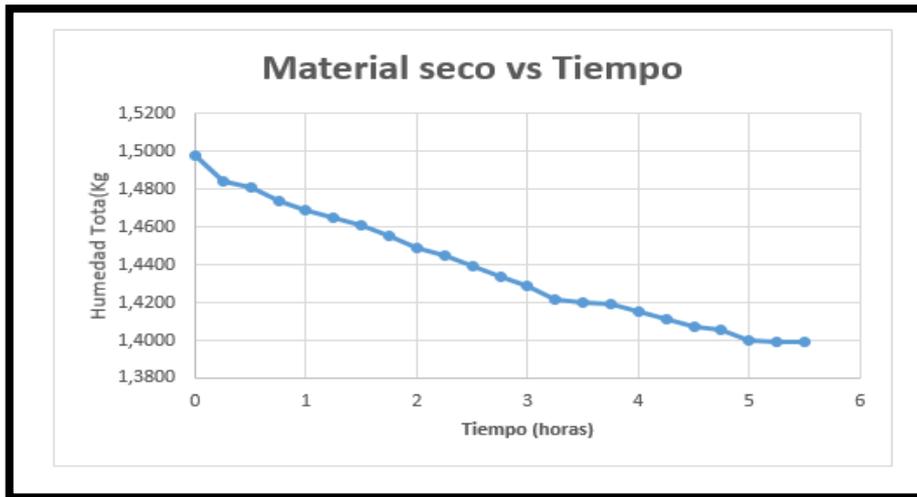
Tabla 23-3: Resultados del secado de almidón de camote a una temperatura de 50°C (bandeja 2)

Tiempo (MIN)	Humedad T(g)	Humedad T (kg)	X en BS	Humedad promedio (X1+X2)/2	ΔX	$\Delta \theta$	$\Delta X/\Delta \theta$	W	1/W
0	1498	1.4980	0.0708	-	-	-	-	-	-
15	1484	1.4840	0.0608	0.0658	-0.0100	0.2500	-0.0400	0.3373	2.9643
30	1481	1.4810	0.0586	0.0597	-0.0021	0.2500	-0.0086	0.0723	13.8333

45	1474	1.4740	0.0536	0.0561	- 0.0050	0.2500	-0.0200	0.1687	5.9286
60	1469	1.4690	0.0500	0.0518	- 0.0036	0.2500	-0.0143	0.1205	8.3000
75	1465	1.4650	0.0472	0.0486	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
90	1461	1.4610	0.0443	0.0457	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
105	1455	1.4550	0.0400	0.0422	- 0.0043	0.2500	-0.0172	0.1446	6.9167
120	1449	1.4490	0.0357	0.0379	- 0.0043	0.2500	-0.0172	0.1446	6.9167
135	1445	1.4450	0.0329	0.0343	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
150	1439	1.4390	0.0286	0.0307	- 0.0043	0.2500	-0.0172	0.1446	6.9167
165	1434	1.4340	0.0250	0.0268	- 0.0036	0.2500	-0.0143	0.1205	8.3000
180	1429	1.4290	0.0214	0.0232	- 0.0036	0.2500	-0.0143	0.1205	8.3000
195	1422	1.4220	0.0164	0.0189	- 0.0050	0.2500	-0.0200	0.1687	5.9285
210	1420	1.4200	0.0150	0.0157	- 0.0014	0.2500	-0.0057	0.0482	20.7500
225	1419	1.4190	0.0143	0.0147	- 0.0007	0.2500	-0.0029	0.0241	41.5000
240	1415	1.4150	0.0114	0.0129	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
255	1411	1.4110	0.0086	0.0100	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
270	1407	1.4070	0.0057	0.0071	- 0.0029	0.2500	-0.0114	0.0964	10.3750
285	1406	1.4060	0.0050	0.0054	- 0.0007	0.2500	-0.0029	0.0241	41.5000
300	1400	1.4000	0.0007	0.0029	- 0.0043	0.2500	-0.0172	0.1446	6.9167
315	1399	1.3990	0.0000	0.0004	- 0.0007	0.2500	-0.0029	0.0241	41.5000
330	1399	1.3990	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	-

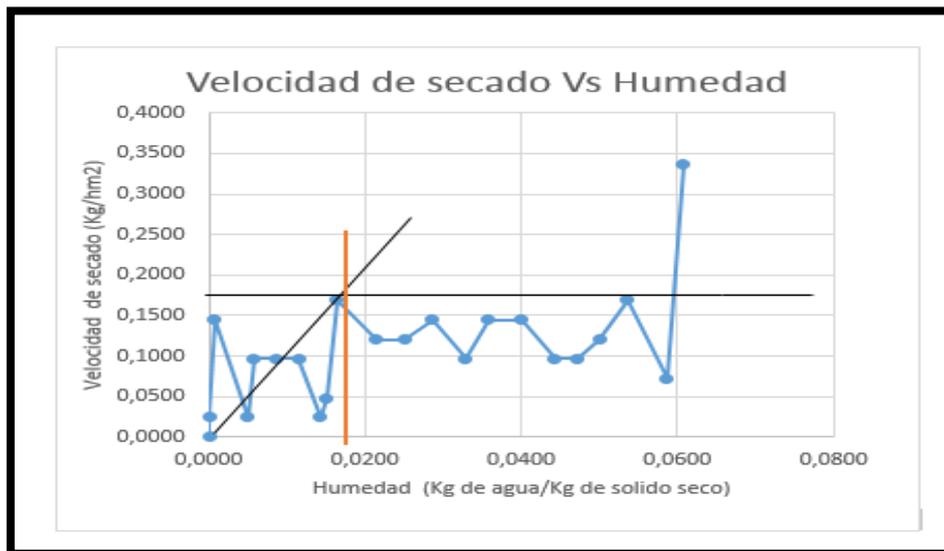
Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

En la Grafica 8-3 se observa el comportamiento de la humedad del almidón de camote frente al tiempo de secado a una temperatura de 50 ° C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que el tiempo pasa. En la Grafica 9-3 se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del almidón de camote obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0.018$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0.17$ Kg/ hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 2.132$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 3.368$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 5 h con 30 min (330 min)



Grafica 8-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 1 en un Secador de Bandejas H vs T

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018



Grafica 9-3: Curva de secado del almidón de camote de la bandeja 2 en un Secador de Bandejas W vs X

Realizado Por: CUADRADO, Edwin .2018

Tomando en cuenta todas las etapas involucradas en el proceso de extracción de almidón de camote, se puede identificar como la etapa crítica la del secado, puesto que un secado mal realizado o en condiciones no ideales puede llegar afectar la calidad del producto final. Reportándose una variación en cuanto a el tiempo de secado en el rango de temperatura empleado

para el secado del producto , con un tiempo aproximado de 6 horas en las temperaturas de 50 y 60 °C , a diferencia del secado a la temperatura de 40 ° C cuyo tiempo aproximado fue de 8 horas, con lo que podemos decir que la mejor temperatura de secado para el producto se encuentra dentro del rango de 50 a 60 ° C por lo que se realizó una prueba t-student para determinar la temperatura de secado más apropiada para el proceso , siendo esta la de 50 ° C tal y como se puede observar en la gráfica 1-3 y en la tabla esta presenta resultados similares con la temperatura de secado 60 ° C, pero esta fue seleccionada debido a que además de cumplirá con los estándares de calidad para del producto también se producirá un menor gasto energético.

3.2.7.3. Rendimiento del Proceso de Extracción de Almidón

Como se puede observar en la tabla 24-3 se muestra el rendimiento que se obtuvo durante el proceso de extracción de almidón de camote a nivel de laboratorio.

Tabla 24-3: Resultados del Proyecto de Extracción de Almidón de Camote

Muestras	Peso tubérculo (kg)	Tubérculo sin cascara (Kg)	Peso cascara (Kg)	Rendimiento del Tubérculo (%)	Peso del almidón(kg)	Rendimiento del almidón (%)
Muestra 1	1.892	1.561	0.322	82.50	0.171	10.95
Muestra 2	1.912	1.559	0.353	81.53	0.208	13.34
Muestra 3	2005	1.618	0.387	80.69	0.201	12.37

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

Para evaluar la eficiencia que obtuvo el proceso de obtención de almidón de camote se calculó por medio de una relación en cuanto al almidón obtenido con respecto al porcentaje de la pulpa, mostrando un rendimiento de la muestra 3 con un 12.37 %, la muestra 2 con un 13, 34 % y la muestra 1 con un 10.95 %, siendo estos superiores a los reportados por Manzanillas (2018) y Pérez y Pacheco (2005), quienes obtuvieron valores de rendimiento de 10,68 % y 11,45 % en peso seco para almidón de camote (*Ipomoea batatas L.*).

En la comparación de los rendimientos reportados por Miranda (2009) del 29.10 % para camotes del cerro *D. remotiflora* y del 33.89% para *D. sparsiflora*, así como los reportados por Jayakody et al., (2005) de 16.8 % en tubérculos de papa china(*Solenostemon rotundifolius*) y Liu et al., (2003) del 18.8 % en la obtención de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) nuestros resultados fueron inferiores, sin embargo esto también podría deberse a la materia prima utilizada para el proceso de extracción de almidón ya que según revisiones bibliográficas el contenido de almidón presente en camote va de un 18 a 28 % según (Scott, et al., (2000,p.12)

3.2.7.4. Resultados de las pruebas asertivas del almidón

El fin de la producción de almidón obtenido de camote será aplicarlo en distintos alimentos que en su composición tengan almidón, esto incluye alimentos procesados; con el fin de determinar la calidad del almidón obtenido y ver la aceptación en el mercado fue necesario realizar pruebas asertivas, las cuales se utilizan para comparar dos productos en el caso de la presente investigación se comparó salsa de tomate elaborado con almidón comercial y salsa de tomate elaborada con el almidón de camote obtenido en la presente investigación.

Para lo cual se realizó el proceso de encuesta en donde se evaluó 202 personas en distintos puntos de la ciudad de Riobamba, estos fueron los jueces que no están calificados, lo que asegura que se replique las condiciones del mercado y se tengan datos reales de los consumidores de almidón, los paneles de jueces fueron preguntados por el color, olor, apariencia, consistencia, sabor y preferencia entre las dos salsas de tomate.

Para la obtención de las encuestas se utilizó números aleatorios para diferenciar los dos tipos de salsa de tomate, la salsa elaborada con el almidón de camote fue la muestra 111 y la salsa elaborada con almidón comercial fue la 221; para la interpretación estadística de los datos se utilizó la prueba chi-cuadrado, lo que permite establecer la diferencia entre los dos tipos de salsa de tomate.

Tabla 25-3: Prueba chi cuadrado para la prueba de olor, apariencia, consistencia, sabor y color en la salsa de tomate con almidón de camote y almidón comercial

Olor				
	Valor	Gf	Significación asintótica (bilateral)	Para la prueba de olor las medias no reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), lo que indico que no existió diferencia entre el color entre los dos tipos de salsa de tomate.
Chi-cuadrado de Pearson	3.950 ^a	2	.139	
Razón de verosimilitud	3.963	2	.138	
Asociación lineal por lineal	3.581	1	.058	
N de casos válidos	202			
Apariencia				

	Valor	GI	Significación asintótica (bilateral)	
Chi-cuadrado de Pearson	44.084 ^a	2	.0001	En el análisis de la prueba estadística chi-cuadrado para la característica apariencia; se reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre medias, con lo que se indica que los jueces sintieron que la consistencia varía de acuerdo al tipo de almidón que se utiliza para elaborar la salsa de tomate.
Razón de verosimilitud	52.818	2	.0001	
Asociación lineal por lineal	43.831	1	.001	
N de casos válidos	202			
Consistencia				
	Valor	GI	Significación asintótica (bilateral)	
Chi-cuadrado de Pearson	67.757 ^a	2	.0001	En el análisis estadístico de las medias para la prueba consistencia reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), con lo que se afirma que los jueces que evaluaron la salsa sintieron diferencias entre los dos tipos de salsa en cuanto a la consistencia se refiere.
Razón de verosimilitud	81.605	2	.0001	
Asociación lineal por lineal	66.778	1	.001	
N de casos válidos	202			
Sabor				
	Valor	GI	Significación asintótica (bilateral)	
Chi-cuadrado de Pearson	19.721 ^a	2	.0001	En el análisis de los resultados a la prueba chi cuadrado en la característica sabor, las medias reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$); con lo que se estableció la relación directa que se da entre la sensación del sabor y el tipo de almidón que se adiciona para la elaboración de salsa de tomate.
Razón de verosimilitud	20.219	2	.0001	
Asociación lineal por lineal	18.007	1	.001	
N de casos válidos	202			
Color				
	Valor	GI	Significación asintótica (bilateral)	
Chi-cuadrado de Pearson	3.950 ^a	2	.139	La prueba chi-cuadrado para el análisis estadístico de la característica color de la salsa de tomate no reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, con lo cual se puede afirmar que la apreciación del color entre los jueces no
Razón de verosimilitud	3.963	2	.138	

Asociación lineal por lineal	3.581	1	.058	vario de acuerdo al tipo de almidón adicionado para la elaboración de salsa de tomate.
N de casos válidos	202		202	

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

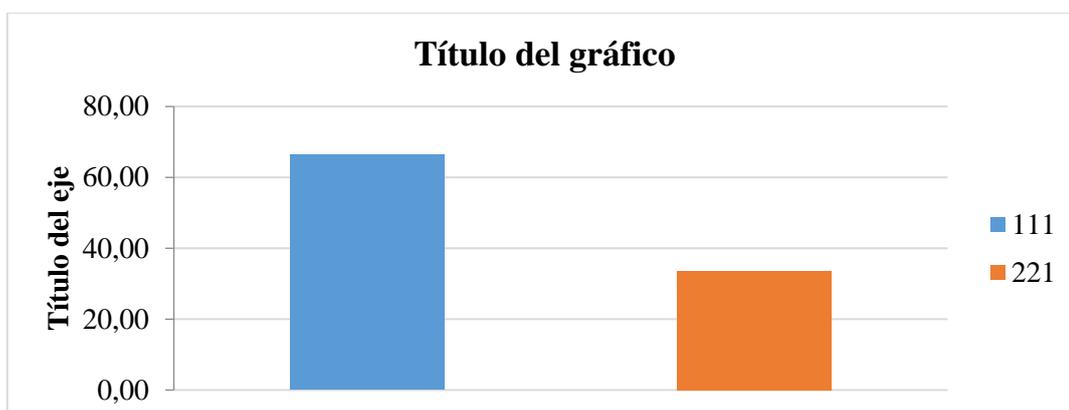
Tabla 26-3: Análisis de Frecuencia para la prueba de olor, apariencia, consistencia, sabor y color en la salsa de tomate elaborada con almidón de camote y almidón comercial

Muestra	Olor				
	1.00	3.00	5.00	Total	
111	3	47	51	101	En el análisis de la frecuencia de los datos que se reportan en la tabla 33-3; se obtuvo que para la muestra 111 a 52 personas les gusto, a 47 personas ni les gusto ni disgusto y a 3 personas no les gusto el olor de la salsa, mientras que la muestra 221 a 37 personas les gusto, a 60 personas ni les gusto ni les disgusto y a 4 personas no les gusto el olor de la salsa; estableciéndose que ligeramente para el sabor el almidón de camote le da mejores características en relación al almidón comercial.
221	4	60	37	101	
Total	7	107	88	202	
Muestra	Apariencia				
	1.00	3.00	5.00	Total	
111	1	16	84	101	En el análisis de las frecuencias para la característica apariencia, la muestra 111 a 84 personas les gusto la salsa, a 16 personas no les gusto ni disgusto la apariencia de la salsa y a 1 persona no le gusto la apariencia de la salsa; mientras que para la muestra 221 a 33 personas les gusto la apariencia de la salsa, a 20 no les gusto ni disgusto la apariencia y a 48 personas no les gusto la apariencia de la salsa.
221	48	20	33	101	
Total	49	36	117	202	
Muestra	Consistencia				
	1.00	3.00	5.00	Total	
111	1	16	84	101	En el análisis de las frecuencias para la característica consistencia, la muestra 111 a 84 personas les pareció que la salsa tuvo una consistencia viscosa, a 16 personas les pareció que la consistencia fue grumosa y a 1 persona le pareció que la salsa estuvo muy liquida; mientras que para la muestra 221 a 33 personas les pareció que la muestra fue viscosa, a 20 personas les pareció que la muestra fue grumosa y a 48 personas les pareció que la salsa presento una consistencia liquida como se muestra en la tabla 32-3.
221	48	20	33	101	
Total	49	36	117	202	
Sabor					
	1.00	3.00	5.00	Total	
Muestra	2	18	81	101	En el análisis de las frecuencias obtenidas a la prueba sabor, se reporta que la muestra 111 a 81 personas le pareció que la salsa tenía un sabor dulce, a 18 personas les pareció un sabor ácido de la salsa y a 2 personas les pareció un sabor amargo, mientras que para la muestra 221 a 51 personas les pareció un sabor dulce de la salsa, a 44 personas les pareció que la salsa tenía un sabor ácido y a 6 personas les pareció un sabor amargo de la salsa.
111.00	6	44	51	101	
221.00					
Total	8	62	132	202	
Color					
	1.00	3.00	5.00	Total	
	0	53	48	101	En el análisis de la frecuencia de los datos obtenidos a la prueba color, en la muestra 111 a 48 personas les gusto el color de la salsa, a 53 personas no les gusto ni disgusto el color y a ninguna persona

Muestra	10	60	31	101	no le gusto el color de la salsa; mientras que para la muestra 221 a 31 personas les gusto el color de la salsa, a 60 personas no les gusto ni disgusto el color de la salsa y a 10 personas no les gusto el color de la salsa.
111.00					
221.00					
Total	10	113	79	202	

Realizado Por: Cuadrado, Edwin.2018

Para establecer cuál de las dos clases de salsa de tomate tiene mayor aceptación, se preguntó a los consumidores cuál es su preferencia, obteniendo un resultado de las 202 personas encuestadas, 134 prefirieron la salsa de tomate elaborada con la adición de almidón de camote que representa el 66.34% de la población y a 68 personas les gustó la salsa elaborada con almidón comercial que representa el 33.66% del total de encuestados como se muestra en el gráfico 10-3; con lo que se afirma que el almidón de camote mejora las características de los alimentos y que tendrán mayor aceptación en el mercado.



Grafica 10-3: Análisis de la aceptación en la comparación de la salsa de tomate preparada con almidón de camote vs. Almidón comercial

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.2.7.5. Resultados del cálculo del diseño de los equipos

Los cálculos realizados para la propuesta tecnológica de los equipos con el fin de realizar la producción de almidón a nivel industrial, tomando en cuenta la cantidad de materia prima que se requiere procesar y la capacidad instalada que se propone; con todos estos antecedentes se dimensionó los siguientes equipos.

Tabla 27-3: Dimensionamiento de los equipos

Equipo	Parámetros		Material
Bombo de lavado y pelado	Volumen	0.26 m ³	Acero inoxidable 304
	Radio	0.49 m	
	Altura	0.74 m	
	Velocidad de giro	196.94 Rpm	
	Potencia de la bomba	0.25 Hp	
Bandas transportadoras	Capacidad de transporte	3.496 Tn/h	Caucho
	Diámetro de la banda	6.91 plg	
	Potencia Necesaria	1.2 Hp	
Mesas de corte	Longitud	1.2 m ³	Acero inoxidable 304
	Ancho	0.60 m	
	Altura	0.25 m	
	Capacidad	176 kg por mesa	
Licuada Industrial	Altura de la carcaza	0.28 m	Acero inoxidable 304
	Numero de aspas	4unidades	
	Tipo de aspas	VL/SR	
	Potencia del motor	0.25 Hp	
	Velocidad de giro cuchillas	400 rpm	
Equipo de Filtración	Volumen del filtro	0.64 m ³	Acero inoxidable 304
	Radio del filtro	0.39 m	
	Altura del filtro	0.48 m	
	Espesor del lecho filtrante	0.2 m	
	Caudal en el filtro	0.032 m/s	
	Velocidad de filtración	0.66 m/s	
	Potencia de la bomba	0.12 Hp	
Tanque de decantación	Caudal	0.002 m ³ /s	Ladrillo, repellido con cemento cubierto con baldosas
	Área del sedimentador	2.25 m ²	
	Altura del sedimentador	0.94 m	
	Longitud del sedimentador	4.78 m	
	Ancho del sedimentador	1.59 m	
Secador de Bandejas	Ancho del secador	5.68 m	Acero inoxidable 304
	Altura del secador	4.26 m	
	Numero de bandejas	12 unidades	
	Separación entre bandejas	0.35 m	
	Potencia	0.72 Hp	
Molino de Fricción	Volumen a triturar	0.03 m ³	Acero inoxidable 304
	Radio de la carcaza	0.18 m	
	Altura de la carcaza	0.25 m	
	Velocidad de molienda	0.03 m/s	
	Tiempo de molienda	28 min	

	Potencia de motor	0.10 = ¼ Hp	
Tamiz Vibratorio	Volumen del tamiz	0.034 m ³	Acero inoxidable 304
	Altura de la base	0.10 m	
	Ancho de la base	0.20 m	
	Potencia del motor eléctrico	0.25 Hp	

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2019

Las dimensiones calculadas, para cada uno de los equipos planteados, es para una alimentación de 250 kg de camote, para lo cual se diseñó un bombo de lavado y pelado con un volumen donde es recomendable aplicar factores de seguridad para definir el volumen que se deberá eliminar para evitar derrames de los materiales, para lo cual se realizó con un factor de seguridad del 20%.

3.2.8. Validación del Proceso

Para validar el proceso de obtención de almidón a partir de Camote se realizó una caracterización del producto final obtenido a escala de laboratorio, el cual fue realizado en los laboratorios de Procesos Unitarios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH para validar el proceso diseñado.

Los análisis correspondientes para la validación del proceso fueron realizados en el laboratorio de control y análisis de alimentos SAQMIC ubicado en la ciudad de Riobamba, que es un laboratorio certificado y se puede confiar en sus resultados, los mismos que se muestran en la tabla 67-3 (Los resultados originales se muestran a continuación en el Anexo E).

3.2.8.1. Análisis Físico Químico del Almidón de Camote

En la tabla 28-3 se muestran los análisis fisicoquímicos realizados para la muestra de almidón de camote, tomado como referencia los análisis fisicoquímicos para almidón de la guía técnica para la obtención de almidón de yuca de la FAO (2007). (Los resultados originales se muestran en el anexo C)

Tabla 28-3: Análisis Físico Químico del Almidón de Camote

Parámetros	Método	Resultado	Unidad	Valor referencia
Contenido de Materia Seca	INEN 540	92.57	%	87-90
Pulpa	GRACE 1977	0.11	%	≤ 0.3%
Índice de Adsorción	ANDERSON 1969	12.67	%	0.82-15.52
Poder de Hinchamiento	ANDERSON 1969	13.43	%	0.79-15.45
Índice de Solubilidad	ANDERSON 1969	4.13	%	0.27-12.32

Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos (SAQMIC)
Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

Los resultados obtenidos del almidón de camote comparados con la norma FAO (2007) para almidón de yuca cumple con la mayoría de los parámetros por lo tanto el proceso se valida, lo que demuestra que está en condiciones adecuadas para el uso del consumidor sin afectar su salud y tampoco presenta una degradación del mismo.

En la tabla 29-3 se pueden observar los resultados de algunos análisis fisicoquímicos adicionales para el almidón, que fueron realizados en el laboratorio de Química Analítica ubicado en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Tabla 29-3: Validación del Almidón de Camote

Parámetros	Método	Resultado	Unidad	Valor referencial
Distribución del tamaño granulo	ISI 1999	95	%	95-99
Densidad Aparente	Smith.1967	0.842	g/ml	1.560
Temperatura de Gelatinización	Grace,1977	69	° C	57.5-70
Contenido de Materia Seca	ICONTEC,2002	93.45	%	87-90

Realizado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

Al igual que los resultados obtenidos en los ensayos anteriores del almidón de camote comparados con la norma FAO (2007), cumple con los parámetros establecidos por lo tanto el proceso es validado, encontrándose en condiciones adecuadas para el uso del consumidor sin afectar a su salud como tampoco mostrando una degradación del mismo.

3.2.8.2. *Análisis Adicionales:*

- Análisis Físico Químico y microbiológico del almidón de camote:

Una vez que el producto fue obtenido, para determinar el contenido de su valor nutricional fue necesario realizar un análisis proximal y microbiológico. Los análisis correspondientes fueron realizados en el laboratorio de control y análisis de alimentos LACONAL ubicado en la ciudad de Ambato, que es un laboratorio certificado y se puede confiar en sus resultados, tomando como referencia la tabla 30-3 para la caracterización del almidón de camote.

Tabla 30-3: Valores referenciales para la caracterización del almidón de camote

Componentes	Valor	Unidades
-------------	-------	----------

Humedad	9.83	6.15	%
Cenizas	0.26	0.51	%
Proteína	0.22	0.48	%
Fibra cruda	0.28	-	%
Grasa	0.31	0.90	%

Fuente: (Medina et al., 2008; Median, 2013)

Adaptado Por: Cuadrado, Edwin. 2018

Tabla 31-3: Caracterización Físico Química del almidón de camote

Parámetros	Métodos	Unidades	Resultados
Cenizas	AOAC 923.03	%	0,264
Proteína	AOAC 2011.11	%	0,132
Humedad	AOAC 925.10	%	10,9
Fibra cruda	INEN 522	%	0,129
Grasa	AOAC 2003.06	%	0,228

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL)

Realizado por: Cuadrado, Edwin.2018

En la tabla 31-3 se muestran los resultados obtenidos en el presente proyecto , por lo que se concluye que están dentro del rango según las respectivas fuentes bibliográficas consultadas; además de que como se puede observar en la tabla 31-3 el almidón obtenido presento un valor de proteína de 0,132 % similar al de almidones comerciales como el almidón de maíz (0,10 %) , yuca (0,06 %) y papa (0,62%) , que según la FDA lo hacen recomendable para industrias de jarabes de alto contenido de glucosa , encontrándose dentro del nivel permitido para almidones de maíz con un máximo de 0.35 % , por lo que se puede recomendar su uso para esta área.

Tabla 32-3: Análisis Microbiológico para almidón de camote

Parámetros	Métodos	Unidades	Resultados
Mohos	AOAC 997.02	UFC/g	< 10
Levaduras	AOAC 997.02	UFC/g	< 10
Coliformes Totales	AOAC R.I:110402	UFC/g	<10
E. Coli	AOAC R.I:110402	UFC/g	<10

Fuente: Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL)

Realizado por: Cuadrado, Edwin.2018

Para evaluar la calidad microbiológica para la muestra de almidón de camote fue necesario el realizar un análisis microbiológico para determinar la presencia de microorganismos que podrían afectar no solo en la calidad del producto, sino también para su uso como alimento, obteniendo de esta manera valores satisfactorios cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma , reportando valores para el contenido de anaerobios totales iguales a <10 UFC/g , para el contenido de mohos iguales a <10 UFC/g, para el contenido de levaduras <10 UFC/g y para el contenido Escherichea Coli iguales a <10 UFC/g , asegurando de esta manera que el producto fue elaborado con altos estándares de calidad y es seguro para el consumo humano.

3.3. Proceso de Producción

El proceso de obtención de almidón de camote se ha propuesto para los productores de camote de la provincia de Chimborazo, por lo que para llevar a cabo la instalación se debe realizar en base a todas las instalaciones necesarias para la producción.

Para la producción de almidón, se tendrá un proceso tipo Batch, en donde se recolectarán los camotes y la materia prima, serán depositadas en bodegas para realizar y tendrán un proceso de transformación fluido por etapas, hasta su comercialización; realizando la producción diariamente.

3.3.1. *Materia prima, insumos y aditivos*

Para la producción normal del almidón se necesitó la materia prima, aditivos e insumos que se muestran a continuación en la tabla 33-3

Tabla 33-3: Materia prima e insumos necesarios para la producción de almidón.

Materia Prima	Cantidad
Camote	250 Kg
Insumos	
Cuchillos	15 unidades
Fundas plásticas con etiquetas	260 unidades

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.3.2. *Distribución y Diseño de la Planta*

Brito (2001, p.7) menciona que para un buen desenvolvimiento en una empresa en general deberá estar constituida por áreas funcionales.

A continuación en la tabla 34-3 se describen las áreas que conformaran la planta y estarán distribuidas según la función a cumplir dentro de la misma, la cual contará con una superficie de 400 m².

Tabla 34-3: Distribución de las áreas de la planta

Área	Descripción
	En esta área se receptara el camote proveniente de diferentes proveedores que va a servir y ser utilizada para el proceso de obtención de almidón la misma

Área de recepción y almacenamiento de materia prima:	que se verificara su calidad realizando una clasificación de aceptabilidad o rechazo para determinar si la materia prima es apta o no antes de que esta ingrese al proceso de producción. La cual será almacenada para su posterior procesamiento.
Área de producción	El área de producción incluye todo lo relacionado con el proceso de transformación de la materia prima en el producto final desde la remoción de la cascara, pesado de las cantidades adecuadas de materia prima, el lavado, molido o desintegración, filtración, sedimentación, secado, molienda, tamizado y finalizando con el empaque y almacenamiento del producto terminado. Controlando así todo el proceso con las variables mencionadas.
Área de producto terminado y etiquetado	Esta área deberá encontrarse en condiciones cómodas que permitan y faciliten el etiquetado ya que este será realizado manualmente.
Almacenamiento	En esta área se almacenaran los instrumentos necesarios para cada etapa realizada durante el proceso de producción, que dispondrá de herramientas, gavetas entre otros implementos de seguridad que se necesite en casos de emergencia.
Bodegas	En esta área se almacenaran los instrumentos necesarios para cada etapa realizada durante el proceso de producción, que dispondrá de herramientas, gavetas entre otros implementos de seguridad que se necesite en casos de emergencia.
Área de Administración y control de producción	Esta área estará conformada por las oficinas encargadas de la parte de administración financiera, análisis de costos, planillas de sueldos y otros afines; así como también de todo lo relacionado con la ejecución del proceso productivo: controles de calidad, cumplimiento de programas de producción, mantenimiento de equipos y seguridad industrial .

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2019

3.3.3. Capacidad de Producción:

A continuación, se muestra la capacidad de producción de la planta extractora de almidón a partir de camote en horas de trabajo máximo tomando en consideración una capacidad de 250 kg camote/día.

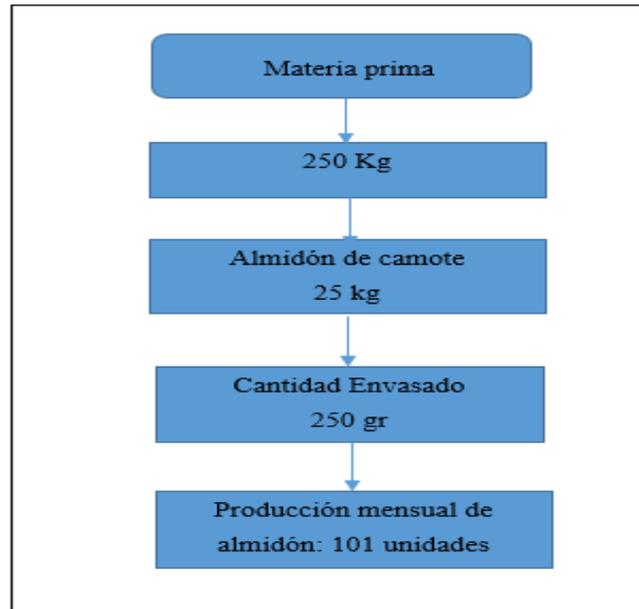


Figura 3-3: Capacidad de producción de almidón de camote en la planta
Realizado por: CUADRADO, Edwin.2018

3.4. Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

3.4.1. *Requerimientos de equipos para el proceso:*

Para el desarrollo del proyecto a nivel industrial es necesario de una serie de equipos para cada etapa del proceso antes detallado, dado que la planta es tipo piloto se implementara todos los equipos dimensionados en el presente trabajo, por lo que a continuación se reportaran las necesidades de cada uno para poder realizar el funcionamiento de la planta productora de almidón partiendo de las raíces tuberosas de camote, para lo cual el material de los equipos deberá ser de acero inoxidable característico de una instalación alimenticia en especial aquellos equipos que tendrán contacto con el alimento a procesar.

Con base a la capacidad de la planta se especificaran los equipos necesarios para cada uno de los procesos implicados en la producción de almidón que se muestran a continuación en la tabla 35-3.

Tabla 35-3: Requerimiento de equipos y maquinaria

Sistema/ Componente	Equipo/Maquina ria	Descripción	Material de Construcción
Lavado y Pelado	Tanque de Lavado y Pelado	Este equipo se utilizara para limpiar las raíces, eliminando las impurezas y tierra adheridas a la cascarilla. De acuerdo al volumen de producción de almidón de camote se puede	Acero Inoxidable 304

		realizar manual o de forma mecánica el lavado y pelado.	
Troceado	Mesas de corte	La mesa de corte sirve para realizar el troceado y reducción del tamaño de la materia prima.	Acero inoxidable 304
Triturado	Licadora Industrial	La licadora ayudara a pulverizar y desintegrar las raíces con el fin de romper las paredes celulares para liberar así los gránulos de almidón, el cual por medio de cuchillas que giraran a una gran velocidad impulsadas por un motor eléctrico con una potencia de 0.25 Hp.	Acero inoxidable 304
Filtrado	Filtro	Servirá para extraer el almidón de las raíces trituradas por disolución en agua y separar así el afrecho de la lechada de almidón	Acero inoxidable 304
Sedimentación y Decantación	Tanque de Sedimentación	Será utilizado para que la lechada obtenida después del proceso de filtración sea depositada lo que permitirá separa el almidón contenido por acción de la gravedad y para ello se dejara reposar en un tiempo aproximado de 2 horas, tiempo en el cual se obtendrá el almidón compactado en el fondo del tanque.	Ladrillo, repellado con cemento cubierto con baldosas
Secado	Secador de Bandejas	Mediante este equipo se producirá el calor necesario para eliminar el porcentaje de humedad que se encuentra en el sólido húmedo en este caso el almidón de camote por medio de una corriente de vapor	Acero inoxidable 304
Molienda	Molino de Fricción	Este equipo será utilizado para pulverizar el almidón obtenido después de la etapa de secado, esto debido a que se forma un granulo de forma gruesa.	Acero inoxidable 304
Tamizado	Tamiz Vibratorio	Este equipo se utilizara con el fin de obtener un almidón más fino una vez desintegrados los grumos de almidón seco en el molino, además de que será construido con acero de grado alimenticio.	Acero inoxidable 304
Transporte de materia prima	Bandas Transportadoras	Estas facilitaran el transporte de la materia prima	Bandas de Caucho
Pesaje de materia prima	Balanza analítica	La balanza será utilizado para realizar el pesado de la materia prima y el producto obtenido	-----

Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018

Todos los equipos propuestos deberán ser instalados para el normal funcionamiento de la planta, además de que esto permitirá el procesamiento máximo de 250 kg de camote; que es la cantidad aproximada de camote que se produce en la provincia de Chimborazo.

3.5. Análisis de costo-beneficio del proyecto

3.5.1. Presupuesto

El análisis del presente proyecto incluye la inversión inicial, el periodo de recuperación, la tasa interna de retorno y la relación beneficio-costos de la producción de almidón utilizando como materia prima el camote tomando en cuenta los costos fijos y variables de la actividad productiva, estos costos deberán ser cubiertos por la persona o asociación que desee realizar la producción de almidón.

3.5.1.1. Presupuesto de los equipos

Uno de los rubros económicos más altos al principio de la instalación de la planta procesadora de almidón, será la inversión en maquinaria que se deba hacer; para realizar la proforma los equipos se recurrió al sitio virtual (<https://spanish.alibaba.com>, 2018), principal sitio para la adquisición de equipo y maquinaria agroindustrial, cabe indicar que este es un aproximado y puede variar en cuanto al costo, en total aproximadamente en equipos se necesitará invertir \$59343, que incluye los costos de instalación como son los costos de maquinaria y equipos, los cuales se presentan a continuación en la tabla 36-3.

Tabla 36-3: Presupuesto de los equipos y maquinaria

Maquinaria Y Equipos	Valor en \$
Sistema de transporte neumático	783,00
Balanza electrónica industrial	340,00
Equipo de lavado y pelado	36000,00
Mesas de corte	520,00
Licuada industrial	1200,00
Equipo de decantación	1000,00
Secador de bandejas	12000,00
Tamiz	4000,00
Filtro	1500,00
Molino	2000,00
TOTAL	59343,00

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.5.1.2. Costos de la materia prima

En la tabla 37-3 se muestran los costos variables para la producción de almidón, los cuales incluyen un precio promedio a lo largo del año del camote, así como también el costo de los insumos utilizados en la producción, para procesar 250 kg de materia prima se deberá invertir diariamente \$522.75.

Para el costo de la materia prima se obtiene en relación el precio de venta de \$ 2 por 4 lb de camote como una cantidad base.

Tabla 37-3: Materia prima directa

	Cantidad	Unidad	Precio Unitario \$	Rubros Total
Camote	250	Kilogramos	2	500,00
Insumos				
Fundas plásticas	65	Unidad	0.1	6.50
Etiquetas	65	Unidad	0.25	16.25
			TOTAL	522.75

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.5.1.3. Costo de mano de obra

Como toda empresa esta deberá contar con mano de obra adecuada para el correcto funcionamiento de la planta, para así lograr obtener un producto de calidad , para lo cual se tomara en cuenta el trabajo de 5 operadores, mismo que serán asignados para ejecutar diferentes actividades durante el proceso de producción además de gente de gerencia para controlar las etapas de la producción, por lo que se planea contratar 4 operarios que se encarguen de los procesos de producción, un técnico encargado del control de calidad del alimento y de la supervisión del proceso productivo, además de una secretaria. A continuación en la tabla 38-3 se puede apreciar los costos de mano de obra directa.

Tabla 38-3: Mano de obra directa

Personal	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo Total \$
Operarios	4	380	1520.00
Técnicos	1	500	500.00
Administrador	1	450	450.00
Total	6	-	2470.00

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018.

La planta invertirá 2470 \$ por concepto de contratación de mano de obra, por lo que dicho concepto se ha calculado mensualmente por lo que la inversión anual por concepto de gastos administrativos sería igual a 29640 \$.

3.5.1.4. Costos de análisis de laboratorio

Como se puede observar en la tabla 39-3 se muestran los costos de los análisis de laboratorio, los cuales están basados en la cotización de laboratorios certificados, recalando que los respectivos análisis se realizarán una vez al mes para verificar así la calidad del producto.

Tabla 39-3: Costos de análisis de laboratorio

Análisis de Laboratorio	Costo Total (\$)
Análisis proximal de la materia prima (camote)	60.00
Análisis proximal de almidón de camote	112.00
Análisis microbiológico de almidón de camote	50.00
Análisis para almidón según la normativa de la FAO	50.00
TOTAL	272.00

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018.

3.5.1.5. Costos fijos

A continuación en la tabla 40-3 se muestran los costos de materia prima indirecta, mano de obra y otros gastos que no intervienen directamente con el proceso de producción. Con relación a los servicios básicos fue presupuestado el costo de agua, luz y teléfono considerando que todos los equipos utilizados son eléctricos.

Tabla 40-3: Costos fijos

MATERIA PRIMA DIRECTA	
RUBROS	VALORES POR MES EN \$
COMBUSTIBLE	250.84
SUBTOTAL	250.84
MANO DE OBRA INDIRECTA	
SECRETARIA	366.00
SUBTOTAL	366.00
OTROS GASTOS FIJOS	
SERVICIOS BASICOS (AGUA,LUZ,TELEFONO)	600.00
PUBLICIDAD	100.00
SUMINSITROS DE OFICINA(PAPEL,ESFEROS,ETC)	50.00
SUBTOTAL	750.00
TOTAL	1366.83

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

3.5.1.6. Muebles y Enseres

Tabla 41-3: Costos de Muebles y Enseres

Área de Producción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Mesa de madera	1	100.00	100.00
Mesa metálica	2	120.00	240.00
Subtotal			340.00
Área administrativa	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Escritorio	1	70.00	70.00
Silla	1	10.00	10.00
Subtotal			80.00
Área de ventas	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Escritorio	1	70.00	70.00
Silla	1	10.00	10.00
Subtotal			80.00
TOTAL			500.00

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

3.5.1.7. Costos de producción

En la tabla 42-3 se muestra a continuación el valor total de los ingresos, egresos y ganancias que se obtendrá anualmente con el implemento del proceso planteado.

Tabla 42-3: Costos de producción

Cantidad de almidón (kg)	Contenido neto (kg)	Cantidad de producción mensual	Costo Unitario de Almidón por envase \$	Total de Ingresos \$
25	0,250	2020	2,41	4868.2
Ingresos				
Semanal		Mensual		Anual
1217.05		4868.2		58418.4
Egresos				
Semanal		Mensual		Anual
748.19		2992.75		35913
Total de Ganancias				
Semanal		Mensual		Anual
468.86		1875.45		22505.4

Realizado Por: CUADRADO, Edwin.2018

3.5.1.8. *Presupuesto de costos y gastos*

Tabla 43-3: Presupuesto de costos y gastos

Detalle /Partida presupuestaria	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costo de producción	633573	654987.767	677126.354	700013.225	723673.672
Materia prima directa	13140	13584.132	14043.2757	14517.9384	15008.6447
Mano de obra directa	4747.44	4907.90347	5073.79061	5245.28473	5422.57536
Mantenimiento y seguros	12394.6	12813,5375	13246.635	13694.3713	14157.2411
Depreciación	19915.6512	20588.8002	21284.7017	22004.1246	22747.864
Imprevistos 3%	683770.691	706882.141	730774.757	755474.944	781009.997
Subtotal					
Gastos Administrativos	7200	7443.36	7694.94557	7955.03473	8223.9149
Sueldos	9600	9924,48	10259.9274	10606.713	10965.2199
Arriendo	600	620,28	641.245464	662.919561	685.326242
Suministro de oficinas	7200	7443,36	7694.94557	7955.03473	8223.9149
Impuestos/permisos de funcionamiento	400	413,52	427.496976	441.946374	456.884161
Imprevistos 3%	750	775,35	801.55683	828.649451	856,657802
Subtotal	25750	26620,35	27520.1178	28450.2978	29411,9179
Gastos de ventas					
Salarios	6000	6202,8	6412.45464	6629.19561	1485382,72
Publicidad	1200	1240,56	1282.49093	1325.83912	1370,65248
Imprevistos 3 %	216	223,3008	230.848367	238.651042	44602.6012
Subtotal	7416	7666,6608	7925.79394	8193.68577	1531355.98
Costos Financieros					
Intereses Bancarios	100	100	100	100	100
Subtotal					
Total	717036,691	741269,151	766320,669	792218,927	2341877,89

Realizado Por: Edwin Cuadrado, 2018

3.5.1.9. *Flujo de caja del proceso de obtención de almidón de camote*

En la tabla 44-3, se indica el flujo de caja de la producción de almidón de camote al año y una proyección de los gastos que se tendrá a los 5 años de funcionamiento de la planta; para verificar si la implementación de una fábrica para obtener este producto es rentable o no y si el proyecto será sostenible a lo largo de los años.

Por ende teniendo los diferentes rubros con los que se va a contar la planta, se procede a calcular los flujos de caja para los primeros 5 años y se determina el VAN y TIR como se muestra en la tabla 45-3

Tabla 44-3: Flujo de caja para el proceso de obtención de almidón de camote.

RUBROS		AÑOS					
		0	1	2	3	4	5
+	VENTAS NETAS		6407370.34	6608839.59	6922983.36	7365191.72	7957882.41
-	COSTOS DE PRODUCCIÓN		683770.691	706882.141	730774.757	755474.944	781009.997
-	COSTOS ADMINISTRATIVOS		25750	26620.35	27520.1178	28450.2978	29411.9179
-	COSTOS DE VENTAS		7416	7666.6608	7925.79394	8193.68577	1531355.98
-	COSTOS FINANCIEROS		100	100	100	100	100
=	UTILID. ANTES DE REP. UTILID. E IMPUESTOS		5690333.65	5867570.44	6156662.69	6572972.8	5616004.52
-	REPARTO UTILIDADES 15%		-49899.2966	880135.567	923499.404	138524.911	842400.678
=	UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS		-55665.35	4987434.88	5233163.29	6434447.89	4773603.84
-	IMPUESTO A LA RENTA		562.19	634.32	1456.06	2135.19	3451.4
=	UTILIDAD NETA		-56227.54	4986800.56	5231707.23	6432312.7	4770152.44
-	INVERSION EN MAQUINAS Y EQUIPOS	-61343					
-	MUEBLES Y ENSERES	-500					
-	INVERSION EN TERRENO Y OBRAS FISICAS	-40000					
-	IMPREVISTOS	20881.6512					
+	CAPITAL SOCIO/PRESTAMO	10000					
	FLUJO DE CAJA	-70961.3488	-127188.889	4859611.67	10091318.9	16523631.6	21293784

Tabla 45-3: Indicadores Económicos para la producción de almidón de camote

TASA DE RENDIMIENTO DEL MERCADO	40%
VAN	\$ 1,655.416
TIR	643%
Año de recuperación de la inversión	2
Relación beneficio costo	1.25
Punto de equilibrio	261.38

Realizado por: CUADRADO, Edwin. 2018.

3.5.2. *Análisis costo-beneficio*

Con todos los rubros económicos necesarios para la producción de almidón incluyendo la depreciación y la tasa de inflación anual que para el Ecuador se reporta en 3%, para que el proceso sea económicamente rentable y pueda competir en el mercado se ha escogido un precio de venta por libra de almidón de camote igual a \$2.61, esto para obtener una ganancia del 25% incluyendo las tasas impuestas por el gobierno.

Incluyendo todos los rubros económicos antes mencionados se espera una relación beneficio costo de 1.25 que indica que por cada dólar invertido el productor ganara 0.25 centavos, además que se espera un periodo de recuperación de inversión de dos años y un punto de equilibrio de 261,381 que indica que se deberá vender 261.31 kg mensuales para recuperar la inversión y que a partir de ese punto lo demás será ganancia para el productor, los indicadores de rentabilidad económica se muestran en la tabla 45-3.

Finalmente para la producción de almidón de camote el análisis económico de los gastos generados y la recuperación de los mismos, se reportó con un flujo total de \$ 70961,3488 que corresponde a los gastos de adquisición de materia prima, insumos, análisis de laboratorio, tomando en cuenta la adquisición de los equipos para la producción puesto que estos gastos serán recuperados de las ganancias generadas por las venta del producto terminado en un tiempo estipulado de 2 años, se establece un precio de venta unitario de \$ 2.61 por libra, obteniendo una relación beneficio costo de 1,25 , lo cual indica que por cada dólar invertido la fábrica tendrá ganancias de 0,25 centavos, demuestra que si es viable el proceso de obtención de almidón, ya que genera ganancias a la planta.

3.6. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	TIEMPO																							
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión Bibliográfica																								
Elaboración Anteproyecto																								
Presentación y aprobación del anteproyecto																								
Diagnóstico inicial del laboratorio																								
Adquisición del camote																								
Realizar la caracterización de la fisico-química de la materia prima																								
Obtención del almidón																								
Identificar las variables y parámetros óptimos del proceso para la obtención de almidón a escala industrial.																								
Validar el proceso mediante una caracterización fisicoquímica mediante los análisis fisicoquímicos para almidón de yuca según las técnicas establecidas en la guía de almidón de yuca de la FAO 2007																								
Realizar los cálculos para el diseño de ingeniería del proceso de obtención de almidón de camote																								
Elaboración de borradores																								
Corrección de borradores																								
Tipiado del trabajo final																								
Empastado y presentación del trabajo final																								
Defensa del trabajo																								

CONCLUSIONES:

- La caracterización fisicoquímica de la materia prima determinó los siguientes resultados: Humedad de 67.78%, Ceniza: 1.06, Proteína: 1.69, Fibra: 2.10, Grasa: 1.61 y cantidad de azúcares totales de 5.12 %, obteniendo valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos bibliográficamente.
- Se determinaron las variables más importantes a controlar durante el proceso de extracción de almidón de camote.
- Para el dimensionamiento de los equipos necesarios para la implementación de la planta de obtención de almidón se consideraron los resultados de la cantidad proyectada en la investigación.
- Los análisis realizados a las muestras de almidón en su mayoría proporcionaron valores dentro de los rangos recomendados con respecto a la normativa FAO (2007).
- La relación beneficio costo del proyecto es positiva, toda vez que por cada \$1,00 invertido se obtiene 0.25 ctvs. de utilidad.
- Se determinó experimentalmente un rendimiento de la materia prima del 13.36 %, similar a los reportados por otras investigaciones.

RECOMENDACIONES:

Entre las recomendaciones que se pueden dar para la obtención de un almidón de buena calidad podemos mencionar las siguientes:

- Para la extracción de almidón de camote que se adapte a las necesidades requeridas se sugiere tomar en consideración los valores y rangos que se encuentran en la presente investigación y otras relacionadas.
- Durante el proceso de extracción de almidón de camote se recomienda mantener un control adecuado en la operación de las variables determinadas tales como: licuado de la pulpa que determina el rendimiento del almidón; la variable de sedimentación debe ser considerada para obtener un producto de buena calidad; y el tiempo de secado no deberá superar los 60 ° C.
- EL dimensionamiento de los equipos para la implementación y el funcionamiento de la planta de obtención de almidón a escala industrial se tomara como base de cálculo una cantidad proyectada de 250 kg de materia prima para la obtención de 25000 gr de almidón.
- Se recomienda la aplicación del proceso de ingeniería establecido con las operaciones unitarias de lavado y pelado, licuado, filtrado, sedimentación, secado, molienda y tamizado para la extracción de almidón de camote y que puede ser aplicado en otros productos relacionados.
- Para obtener mayor rentabilidad de la inversión se recomienda implementar un centro de producción que permita contar durante el año con materia prima de forma continua.

BIBLIOGRAFIA

AHMED M. Salamá. Manual de farmacognosia. Análisis microscópico y fotoquímico, y usos de plantas medicinales [en línea] Bogotá-Colombia: Univ. Nacional de Colombia, 2005, p. 31 [Consulta: 10 de Agosto de 2018].

ARISTIZÁBAL, Johanna; et al. Sapiens: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. Roma 2007

AOAC. (2015). Análisis físico químico del almidón. En AOAC, *Análisis Físico químico del almidón*. Madrid: SN, 2015.

BELLO PÉREZ, Luis; et al. Sapiens: Propiedades químicas y funcionales del Almidón modificado de Plátano Musa paradisiaca L. (VAR. MACHO). *Agro ciencia, volumen 36, numero2* (2002), (Acapulco-México) pp.2-3

BRENNAN, J.G; et al. Sapiens: Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos.3^a ed. Zaragoza-España. ACRIBIA, S.A., 1998, pp. 385-389

BRITO, Hanníbal. *“Texto Básico Operaciones Unitarias II,* Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2001.p.

BRITO, Hanníbal. *“Texto Básico Operaciones Unitarias III,* Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2001.p. 24

BRITO, Hanníbal. *“Texto Básico de Ingeniería de Plantas,* Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2000.p.7

CAMBERO RODRÍGUEZ, María Isabel. Tecnología de los Alimentos, Volumen 1. Componentes de los Alimentos y Procesos. Madrid-España: SINTESIS, S.A, 1998, p.93

CHAMBA HERRERA, Leonardo. 2008. Cultivo del camote para el mercado internacional.

EAR. 2017. *Production engineering.* New dehli : Tata Mcgraw Hill, 2017. ISBN.

Enciclopedia Ilustrada. 2018. Camote.net Enciclopedia Ilustrada. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de 10 de 2018.] <http://camote.net/>.

FAO. Los carbohidratos en la nutrición humana. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 66. Roma 1997

FAO. Utilización de alimentos tropicales: raíces y tubérculos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 47/2. Roma 1990

FOLQUER, Fausto. La batata camote. Estudio de la planta y su producción comercial. Instituto Americano de Ciencias Agrícolas [en línea] Bogotá-Colombia: Editorial IICA, 1978, pp.

GEISSMAN, T.A. *Principios de Química Orgánica* .2ª ed. Barcelona-España: Reverte, S.A, 1973, p. 567

GONZALEZ BLAIR, Gloria Helena. Desarrollo de Productos para alto contenido de Almidón para la Industria de Alimentos. [En línea]. Bogotá-Colombia: UNIAGRARIA, 2012, pp. 8-14 [Consulta: 19 agosto de 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/309397537_Desarrollo_de_productos_con_alto_contenido_de_almidon_para_la_industria_de_alimentos>

GÓMEZ MARTÍNEZ, Claudia Yvette & ORTIZ LOZANO, María Alejandra. Tecnología de alimentos Conservación y procesamiento de productos agrícolas, Conservación y procesamiento de frutas y verduras. México, D.F.2012, p. 163.

GRANJA ESTÉVEZ, Nelson Ricardo. Determinación de las características físicas y químicas del camote (*Ipomea batata*) de la variedad de pulpa morada del sector de Tumbatú de la provincia del Carchi. [En línea] (Tesis). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. Ecuador. 2012, p. 49 [Consulta: 19 agosto de 2018]. Disponible en: <<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2691>>

GUTIÉRREZ BELLO, José. Ciencia Bromatológica Principios generales de los alimentos. Madrid-España: Díaz de Santos, S.A, 2000, p. 86

HERNÁNDEZ, Marilyn et al. Sapiens: Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México.

HUAMÁN, Zósimo. *Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote.* Boletín de Información Técnica 25. Junio 1992. [En línea]. Lima-Perú [Consulta: 17 agosto de 2018]. Disponible en: <
https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/botanica_camote.pdf >

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP). 2017. Manual Técnico del Cultivo del Camote Manual No. 106. Estación Experimental Portoviejo Manabí-Ecuador pp. 10-47

INSHT. *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización.* Madrid : SN, 2016. ISBN.

KULINOWSKI. Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations. *Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations.* London : CEMA, 2015.

LARDIZABAL, Ricardo. *Manual de producción de camote. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).* [En línea].Lima-Perú, 2003. [Consulta: 28 de Diciembre de 2018]. Disponible:
<https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/Manual_de_Produccion_de_Camote.pdf >

MACHUCA SÁNCHEZ, David & HÉRVAS TORRES, Miriam. Operaciones unitarias y proceso químico. QUIE0108.

MAPS, Google. <https://www.google.com.ec>. [En línea] 21 de Noviembre de 2018. <https://www.google.com.ec/maps/@-1.6587458,-78.6765092,263m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>.

MCCABE, WARREN L; et al. Sapiens. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 4ª ed. Madrid-España: McGraw-Hill Interamericana, S.A, 1991, p. 156

MEDINA GARCÍA, Luis. OBTENCIÓN DE MALTO DEXTRINAS POR VÍA ENZIMÁTICA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) [En línea] (Tesis). (Maestría) Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan de Juárez Michoacán, México. 2013. pp.1-39. [Consultado: 2018-11-29]. Disponible en: <

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12388/Medina%20Garc%C3%ADa%20Luis%20-%20B091334.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >

MENA PINTO, Bolívar Máximo. EL CULTIVO DEL CAMOTE Y CLIMA EN EL ECUADOR. [En línea]. [Consulta: 15 de Agosto 2018]. Disponible < <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/EI%20%20cultivo%20del%20camote%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf> >

MONTALVO, Álvaro. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales [en línea]. 2ª ed. San José-Costa Rica: Agro américa, 1991, p. 239

SAINZ SASTRE, Juan Antonio. *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales* [en línea] Madrid-España: Fundación EOI, 2005, p. [Consulta: 20 de Agosto de 2018]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=r9aK7UttDU8C&dq=tecnologia+para+la+sostenibilidad&hl=es&source=gbs_navlinks_s

SUAREZ ARANA, Kerly Mariana. TIEMPO Y TEMPERATURA DEL ESCALDADO PARA LA OBTENCION DE LA PULPA DE CAMOTE (Ipomoea batata) Y ELABORACION DE MERMELADA. [En línea] (Tesis). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería de Alimentos. Quevedo, Ecuador .2013.p.9 [Consulta: 28 de Octubre 2018]. Disponible < <https://docplayer.es/59707309-Universidad-tecnica-estatal-de-quevedo-facultad-deciencias-pecuarias-carrera-ingenieria-en-alimentos-tesis-de-grado.html>>

SURCO LAOS, Felipe Artemio. Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropeaeloum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. [En línea] (Tesis) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima- Perú. 2004. p. [Consulta: 2018-11-27]. Disponible en < http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/2588/Surco_lf.pdf?sequence=1&isAllowed=y >

YAQUÉ SÁNCHEZ, Adrián. Operaciones auxiliares elementales en laboratorio y en procesos en la industria química y afines. QUIE0308 [en línea] Antequera-España: IC Editorial, 2014, p 79

ZAMBRANO DEMERA, José Gregorio. Estudio Agronómico de dos Variedades de Camote [En línea] (tesis) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil-Ecuador.2016.p.1. [Consulta: 2018-11-27]. Disponible en: <
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13972/1/Zambrano%20Demera%20Jos%C3%A9%20Gregorio.pdf> >

ZAMBRANO BEDÓN, Guisela del Rocío. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE CAMOTE (IPOMOEIA BATATA) [En línea] (Tesis). Universidad Central, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química. Quito, Ecuador .2013.p.4 [Consulta: 28 de Agosto 2018]. Disponible <
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1173/1/T-UCE-0017-35.pdf>>

ZHINDON ZAPATA, Lady Marilyn. OBTENCIÓN DE HARINA PRECOCIDA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas L.*) PARA SU USO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. [En línea] (Tesis). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos. Quito, Ecuador .2013.p.9 [Consulta: 25 de Septiembre 2018]. Disponible <
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5041/1/53886_1.pdf >

ANEXOS

Anexo A. NTE INEN 1750 – Hortalizas y Frutas Frescas. Muestreo

CDU: 634.1/8:635.11 CILU: 1.110		AL 02.01-202
Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	HORTALIZAS Y FRUTAS FRESCAS. MUESTREO	INEN 1 750 1994-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el procedimiento para tomar muestras en hortalizas y frutas frescas.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Partida. Cantidad de hortalizas y/o frutas frescas expedidas o transportadas en una sola vez, o envío determinado por un contrato particular o documento de embarque, y puede estar compuesto por uno o varios lotes.</p> <p>2.2 Lote. Cantidad definida de la partida, que se presume tiene las mismas características uniformes (la misma variedad, el grado de madurez, frescura, un mismo tipo o tamaño, calibre, empaque o embalaje), mediante el cual permite estimar la calidad y se somete a inspección como un conjunto unitario.</p> <p>2.3 Calidad. Conjunto de factores o características de las hortalizas y/o frutas frescas, que pueden evaluarse por medios sensoriales o ensayos físicos, en los que se consideran: color, olor, sabor, aroma, textura, defectos, tamaño, apariencia, masa (peso), siempre que se indique como requisitos de calidad en las normas respectivas.</p> <p>2.4 Inspección. Proceso por el cual se mide, examina, ensaya o compara un envase, unidad o producto, con los requisitos de una norma.</p> <p>2.5 Muestra. Grupo de unidades extraídas de un lote, que sirva para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características del lote, lo cual servirá de base para tomar una decisión sobre dicho lote o sobre el proceso que lo produjo.</p> <p>2.6 Muestra elemental. Pequeña cantidad de hortalizas y/o frutas frescas, tomadas de un punto o posición a diferentes ubicaciones en el lote.</p> <p>2.7 Muestra global. Cantidad de hortalizas y/o frutas frescas formada por el conjunto y mezcla de muestras elementales.</p> <p>2.8 Muestra reducida. Cantidad de hortalizas y/o frutas frescas, obtenida por reducción de la muestra global y que es representativa del lote.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p><small>DESCRIPCIÓN: Industria alimentaria, productos agrícolas, hortalizas y frutas frescas, muestreo.</small></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3989 – Baquerizo Moreno (B-20) y Alimagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

TABLA 3. Tamaño mínimo de la muestra para ensayo, según el producto.

PRODUCTO: HORTALIZAS

TAMAÑOS Y FORMAS	NOMBRE		TAMAÑO MÍNIMO DE CADA MUESTRA PARA ENSAYO
	VULGAR	CIENTIFICO	
Hortalizas pequeñas	Judías verdes (vainitas)	Familia: Fabaceae (papilionaceae) Género: Phaseolus, Especie: Vulgaris L.	1 kg
	Arvejas	Familia: Fabaceae (papilionaceae) Género: Pisum Especie: Sativum L.	*
	Fréjol	Familia: Fabaceae (papilionaceae) Género: Phaseolus Especie: Vulgaris L.	*
	Haba	Familia: Fabaceae (papilionaceae) Género: Vicia Especie: Faba L.	*
	Ají	Familia: Solanácea Género: Capsicum Especie: Frutescens L. y otras	*
	Ajos	Familia: Liliaceae Género: Allium Especie: Sativum L.	*
	Pimiento o pimentón	Familia: Solanaceae Género: Capsicum Especie: Nahrn L. y otras.	*
	Apio	Familia: Umbelliferae (Apiaceae) Género: Apium Especie: Graccolens L.	*
	Espinaca	Familia: Chenopodiaceae Género: Spinacia Especie: Oleracea L.	*
	Cilantro o culantro	Familia: Umbelliferae (Apiaceae) Género: Coriandrum, Especie: Sativum L..	*
	Perejil,	Familia: Umbelliferae (Apiaceae), Género: Petroselinum Especie: Sativum Benth Hoffm	*

(Continua)

TABLA 3. (Continuación)

TAMAÑOS Y FORMAS	NOMBRE		TAMAÑO MÍNIMO DE CADA MUESTRA PARA ENSAYO
	VULGAR	CIENTIFICO	
Hortalizas Medianas	Camote (batata)	Familia: Convolvulaceae Género: Ipomoea Especie: Batata P.	2 kg
	Papa	Familia: Solanaceae Género: Solanum Especie: Tuberosum L.	*
	Oca	Familia: Oxalidaceae Género: Oxalis Especie: Tuberosa, Molina	*
	Mashua	Familia: Oxalidaceae Género: Tropaeolum Especie: Tuberosum R.& P.	*
	Alcachofa	Familia: Compositae (Asteraceae) Género: Cynara Especie: Scolymus L.	*
	Espárrago	Familia: Illiceae Género: Asparagus, Especie: Officinalis L.	*
	Berenjena	Familia: Solanaceae Género: Solanum, Especie: Melongena L.	*
	Berro	Familia: Cruciferae; (Brassicaceae) Género: Cardamine Especie: Masturtioides Bert.	*
	Otros	-----	*
Hortalizas grandes	Sambo o calabaza	Familia: Cucurbitaceae Género: Cucurbita, Especie: Ficifolia Bauche	5 unidades
	Zapallo o Zapallu o Ahuyama	Familia: Cucurbitaceae Género: Cucurbita Especie: Maxima Duchesne	*

(Continua)

Anexo B. Norma Técnica Peruana 212.001-Requisitos físicos de la materia prima

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 212.001
--------------------------	-------------

Tabla 2. Requisitos de sanidad, aspecto y tolerancia según calibres

CARACTERISTICAS	GRADO DE CALIDAD (% m/m)		
	Grande	Mediano	Pequeño
1. Inmadurez (camote pelado o pelona con levantamiento de piel), máximo	1	2	3
2. Cortes, cicatrices, magulladuras, grietas, rajaduras, máximo	2	2	3
3. Brotamiento, máximo	0	1	2
4. Verdeamiento, máximo	0	1	2
5. Pudrición seca, máximo	0	1	1
6. Pudrición húmeda, máximo	0	2	0
7. Comeduras, perforaciones, galerías (daños causados por insectos y roedores), máximo	2	0	2
8. Mezclas varietales, máximo	0	1	2
MAXIMO PORCENTAJE ACUMULADO	5	10	15

5. CONDICIONES GENERALES

Todas las categorías del camote deben estar sujetas a los requisitos y tolerancias permitidas. Además, deben tener las siguientes características físicas:

- Los tubérculos deben estar enteros.
- Deben tener la forma característica del tubérculo (camote).
- Deben estar sanos (libres de ataques de insectos o enfermedades que demeriten la calidad interna del fruto).
- Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas de pos-cosecha (recolección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento, y transporte).
- Deben presentar aspecto fresco, seco y consistencia firme.

6. ALTERACIONES Y SUSTANCIAS EXTRAÑAS

- Deben estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño (proveniente de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos con los cuales haya estado en contacto).
- Deben estar limpios, sin espinas y exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o en su empaque.

- La cáscara no debe presentar vetas negras.
- Los residuos plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius o los exigidos por el país de destino.

6.3. REQUISITOS DE MADUREZ

El grado de madurez en que se coseche depende del mercado al que va destinado el tubérculo del camote.

El grado de madurez es importante para mantener el producto en buenas condiciones durante el tiempo necesario hasta el consumidor final. Entre los índices visuales para determinar el grado de madurez tenemos:

6.3.1. Color

Características de color naranja brillante o naranja suave como es típica de la variedad.

6.3.2. Sabor

Características naturales al camote, ausencia de amargura o de tierra.

6.3.3. Textura

Suave y firme, sin fibra.

6.3.4. Olor

Sin olor.

7. EMPAQUE Y ROTULADO

7.1. EMPAQUE

El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto. Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto. Se acepta el uso de etiquetas con indicaciones comerciales siempre que se utilicen materiales no tóxicos y que permitan ser reciclados.

Para fines de exportación cada camote es forrado independientemente con un papel suave que le sirve de protección; luego son empacados en cajas de cartón de 50 libras, las cuáles son ventiladas y firmes.

Se recomienda utilizar envases de polipropileno con malla, para una mejor ventilación. El contenido de cada envase no debe sobrepasar los 50 kg de peso.

Anexo C. Análisis Bromatológico de la materia prima (Camote)



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN BROMATOLOGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO 160-18

CLIENTE: Sr. Edwin Cuadrado		
DIRECCIÓN: Cda. Politécnica		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Camote		
FECHA DE RECEPCIÓN: 19 de junio del 2018		
FECHA DE MUESTREO: 19 de junio del 2018		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Proteína %	INEN 543	1.89
Fibra %	INEN 522	2.10
Humedad %	INEN 1235	67.78
Ceniza %	INEN 401	1.06
Azúcares totales %	INEN 398	5.12
Grasa %	INEN 523	1.61
OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANÁLISIS: 19 de junio del 2018		
FECHA DE ENTREGA: 28 de junio del 2018		
RESPONSABLE:		
 		
Dra. Gina Álvarez R.		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		
*Las muestras son receptados en laboratorio.		

Anexo D. Análisis Bromatológico y Microbiológico de Almidón de Camote



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Comisión de
Acreditación
ECUADOR
Acreditación N° OAE LE C 18-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 409887 ext. 5517, e-mail:lacoanal@uta.edu.ec Ambato-Ecuador

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:18- 173		801-5-19-97				
Solicitud N°: 18-173		Pág.:1 de 1				
Fecha recepción: 02 de agosto 2018		Fecha de ejecución de ensayos: 02 de agosto				
Información del cliente:						
Empresa:	C.L/RUC: 0603941337					
Representante: Edwin Cuadrado	TIF: 2924424					
Dirección: Cda. Politecnia	Celular: 0992524637					
Ciudad: Riobamba	E mail: ecuadrado2819@hotmail.com					
Descripción de las muestras:						
Producto: almidón de camote	Peso: 200 g					
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda plastica					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: 31-07-18	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: x Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab:				
Cierres seguridad: Ninguno: x Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 31 de julio 2018				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
almidon de camote	17318399	ninguno	Centosa	PE01-5.4-FQ, AOAC Ed 20, 2016- 925.03	%	0,264
			Proteína	PE03-5.4-FQ, AOAC Ed 20, 2016- 1001.11	%(N*6,25)	0,132
			Humedad	PE02-5.4-FQ, AOAC Ed 20, 2016- 925.10	%	10,9
			Fibra cruda (directa)	ININ 522	%	0,129
			Grasa (extracción directa)	PE13-5.4-FQ, AOAC Ed 20, 2016- 1003.06	%	0,228
			Moho	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02 Ed 20, 2016	UFC/g	<10
			Levadura	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02 Ed 20, 2016	UFC/g	<10
			Cófilomas Totales	PE01-5.4-MB AOAC R.L. 110402, Ed 20, 2016	UFC/g	<10
			E. Coli	PE01-5.4-MB AOAC R.L. 110402, Ed 20, 2016	UFC/g	<10

Anexo E. Análisis para validación de Almidón de Camote


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN BROMATOLOGICO DE ALIMENTOS CÓDIGO 250-18

CLIENTE: Sr. Edwin Cuadrado		CÓDIGO 250-18
DIRECCIÓN: Ciudadela Politécnica	TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Almidón de camote		
FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de agosto del 2018		
FECHA DE MUESTREO: 24 de agosto del 2018		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Blanco		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal , libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Materia seca %	INEN 540	92.57
Pulpa %	GRACE 1977	0.11
Índice de absorción %	ANDERSON 1969	12.67
Poder de hinchamiento %	ANDERSON 1969	13.43
Índice de solubilidad %	ANDERSON 1969	4.13
OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANÁLISIS: 27 de agosto del 2018		
FECHA DE ENTREGA : 03 de septiembre del 2018		
RESPONSABLE:		
 		
Dra. Gina Álvarez R.		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		
*Las muestras son receptados en laboratorio.		

Anexo F. Encuesta realizada

Nombre: _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

Producto: Salsa dulce tipo Ketchup

Indicaciones:

- Por favor en el siguiente orden consumir las muestras propuestas y califíquelas colocando una x en el atributo de calidad que más se acerque a lo percibido en las muestras.

1. Muestra 111
2. Muestra 221

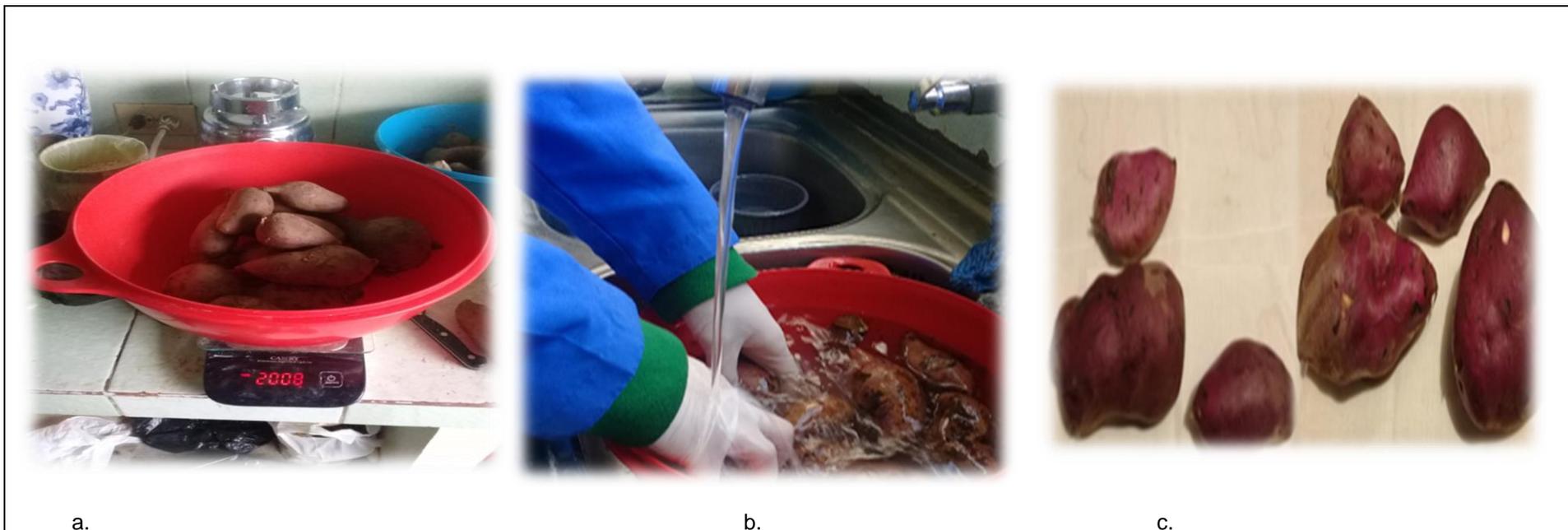
De la muestra que usted ha seleccionado de mayor agrado exprese su criterio en la siguiente tabla.

Muestras	Me gusta	Ni me gusta ni me disgusta	No me gusta
Color			
111			
221			
Apariencia			
111			
221			
Olor			
111			
221			
Consistencia/Viscosidad (Marque solo una respuesta)			
111	Viscoso	Grumoso	Denso(Muy liquido)
221			
Sabor (Marque solo una respuesta)			
111	Dulce	Acido	Amargo
221			

Comentario.....

Gracias por su ayuda

Anexo G. Proceso experimental para la elaboración de almidón a partir de camote



<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESPOCH</p>	<p>“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”</p>		
<p>a. Recepcion de la materia prima b. Lavado de camote c. Selecccion de camote</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información</p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel</p>	<p>Lámina</p>	<p>Escala</p>	<p>Fecha</p>
			<p>1/4</p>	<p>1:2</p>	<p>12/03/019</p>



D.



e.



f.

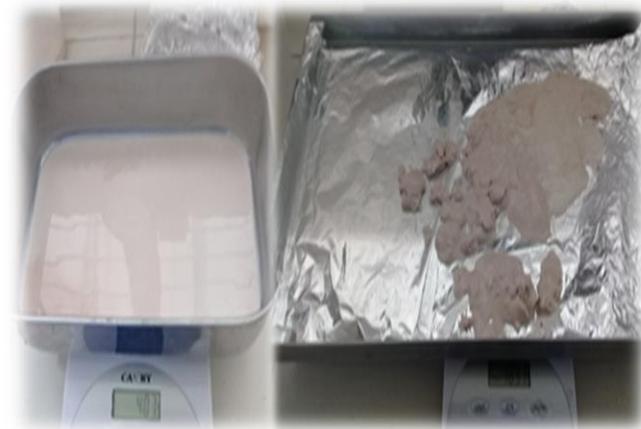
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
d. Pelado de camote e. Troceado de camote f. Licuado de camote	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			
			2/4	1:2	12/03/019



G.



h...



i.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
g. Filtrado de la pasta h. Sedimentación y decantación i. Separación del Almidón obtenido	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información				
			3/4	1:2	12/03/019



J.



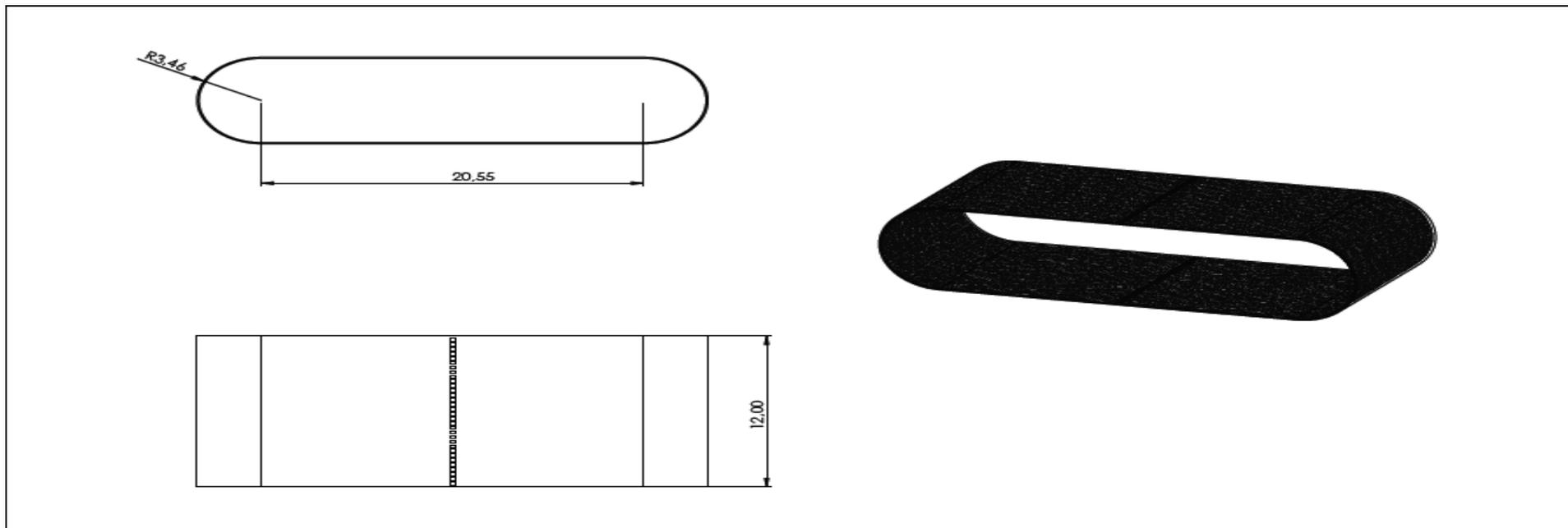
k.



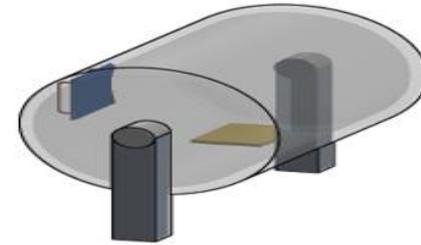
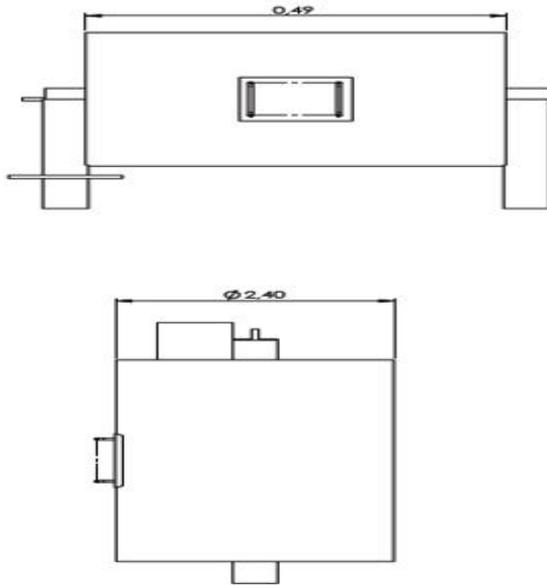
l.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
j. Secado de almidón k. Molienda de almidón l. Tamizado del almidón	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	Lámina	Escala	Fecha
			4/4	1:2	12/03/2019

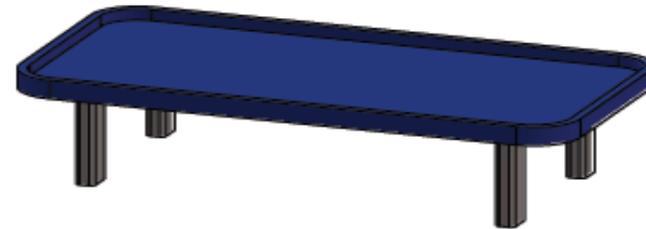
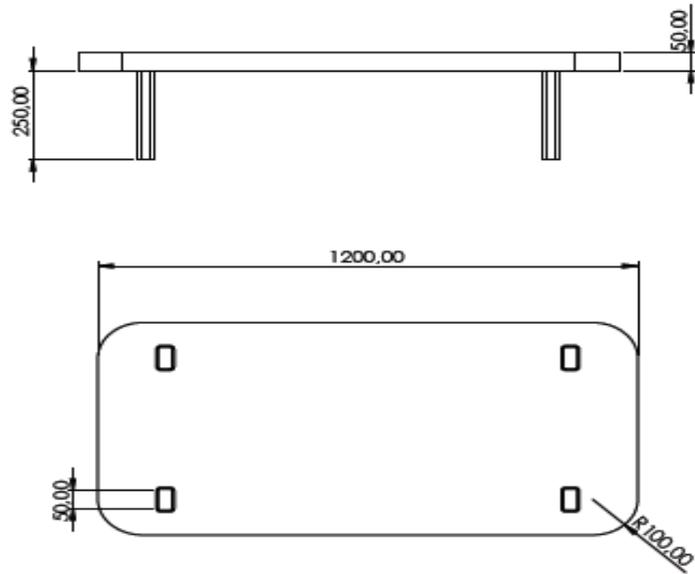
Anexo H. Esquema de Equipos



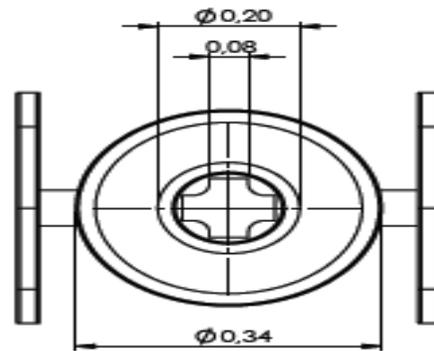
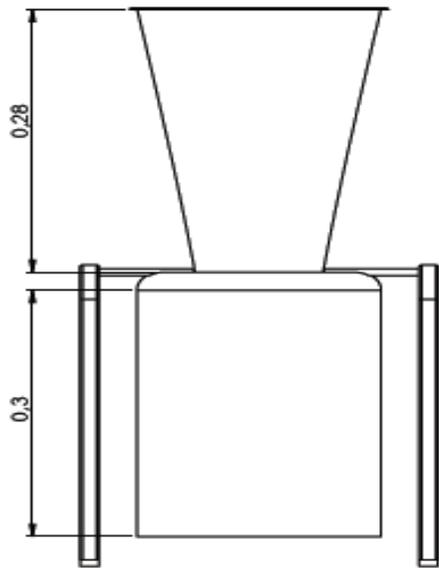
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(1) Bandas Transportadoras	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			
			1/9	1:2	12/03/019



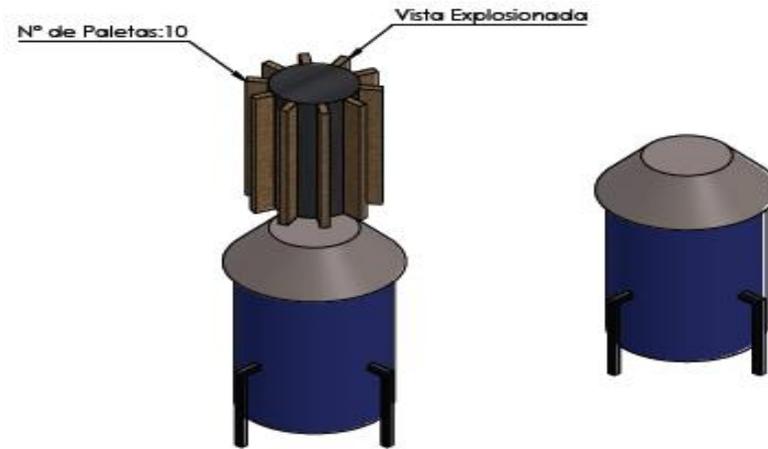
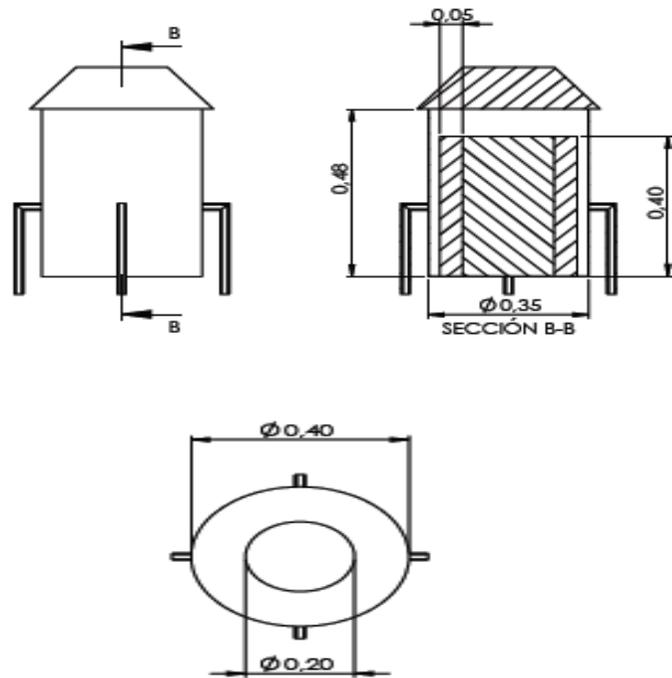
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(2) Bombo de Lavado y Pelado	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			
			2/9	1:2	12/03/019



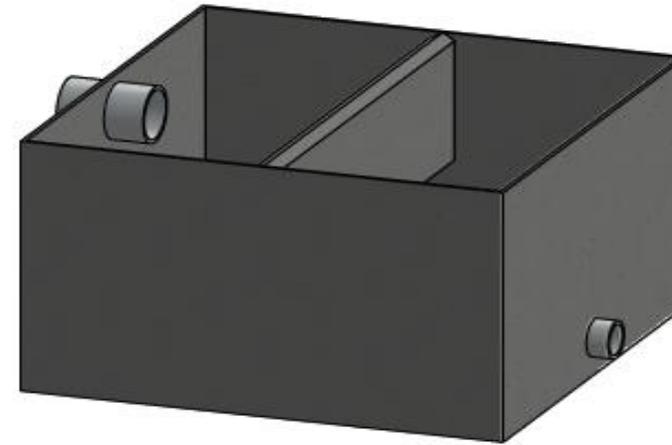
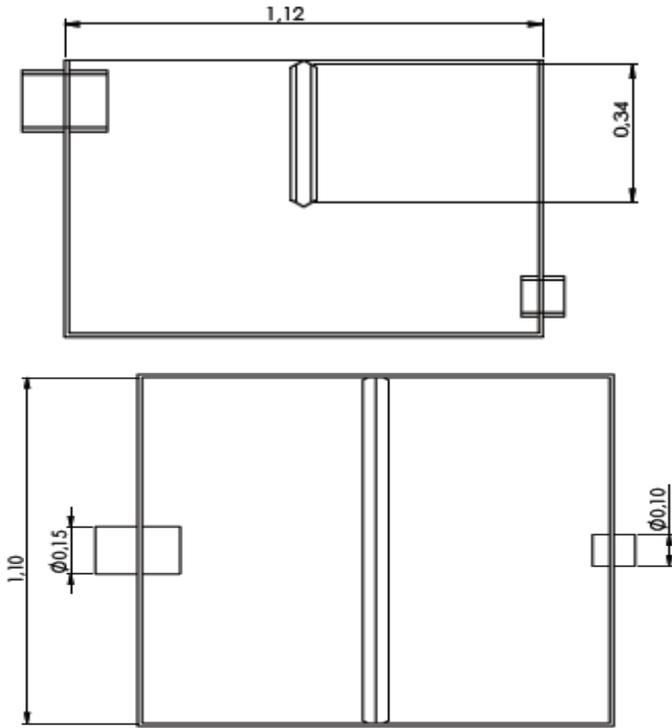
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(3) Mesa de corte	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información				
			3/9	1:2	12/03/019



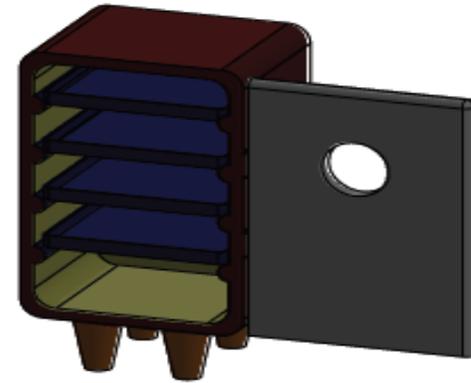
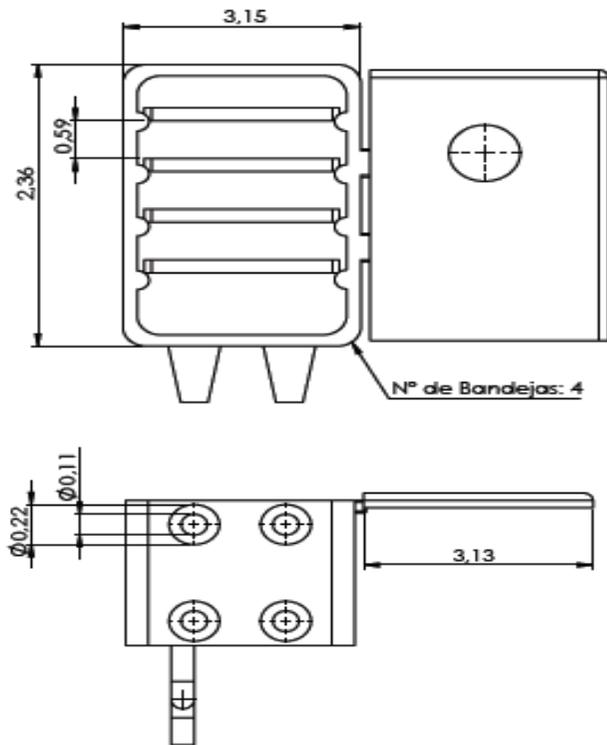
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(4) Licuadora Industrial	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			
			4/9	1:2	12/03/019



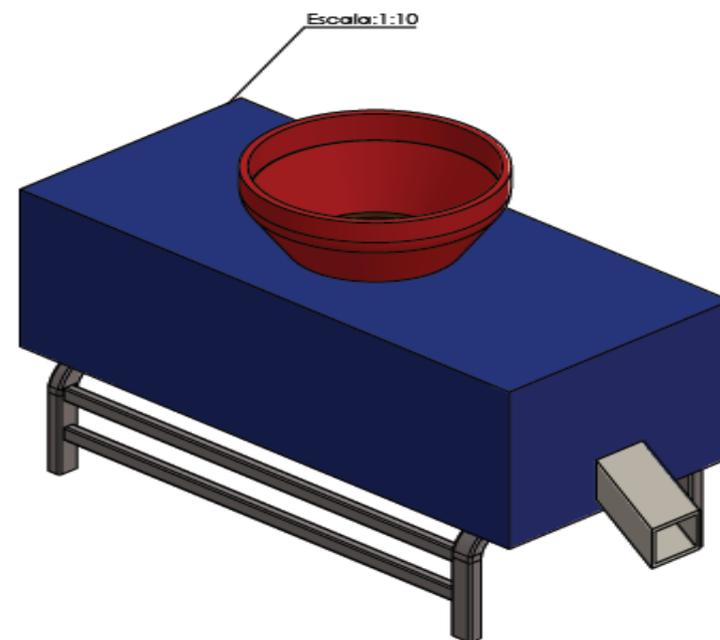
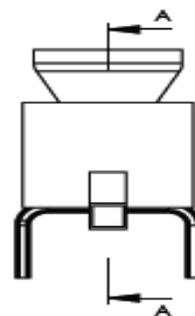
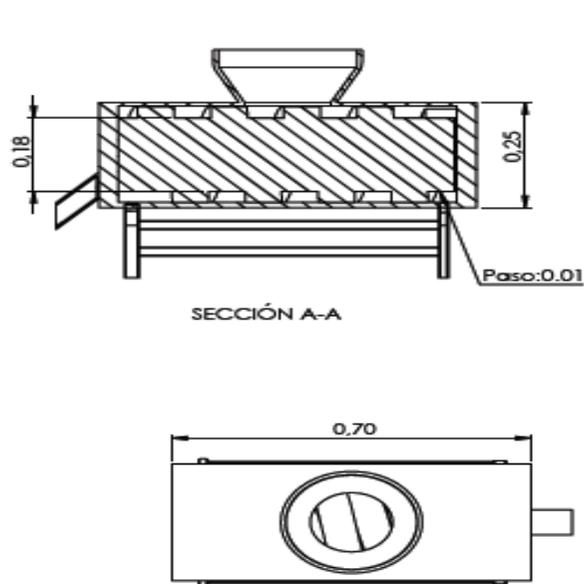
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(5) Filtro	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información				
			5/9	1:2	12/03/019



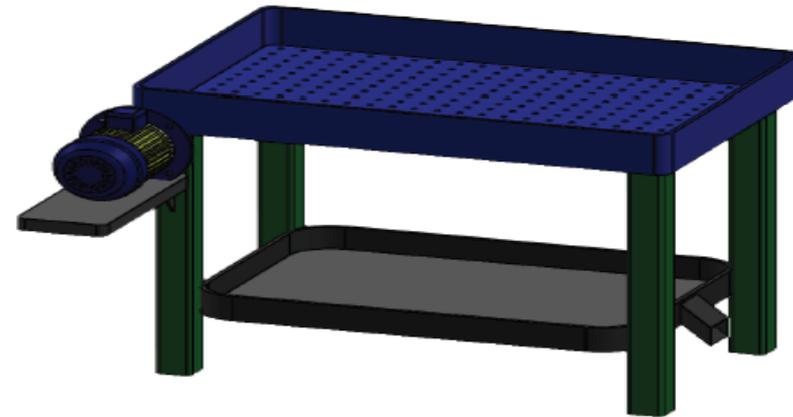
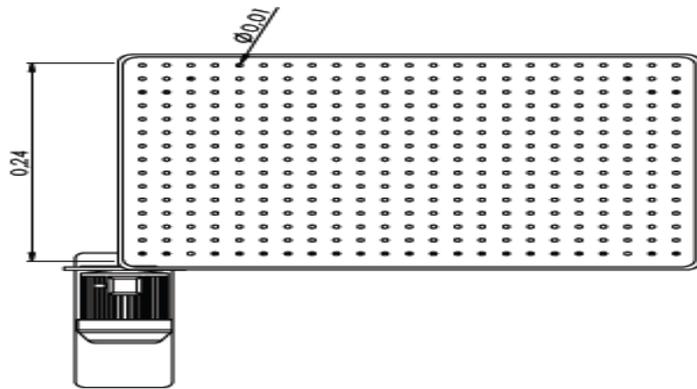
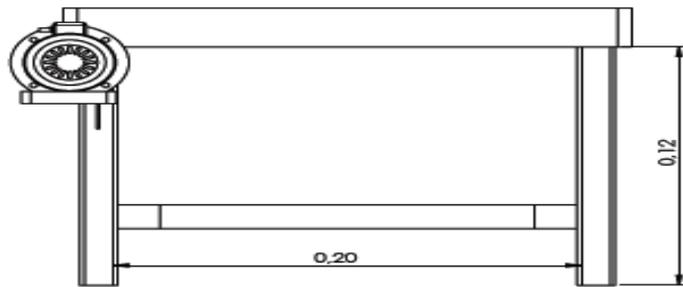
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(6) Tanque de sedimentación	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información				
		Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	6/9	1:2	12/03/019



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(7) Secador de Bandejas	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información				
	7/9		1:2	12/03/019	

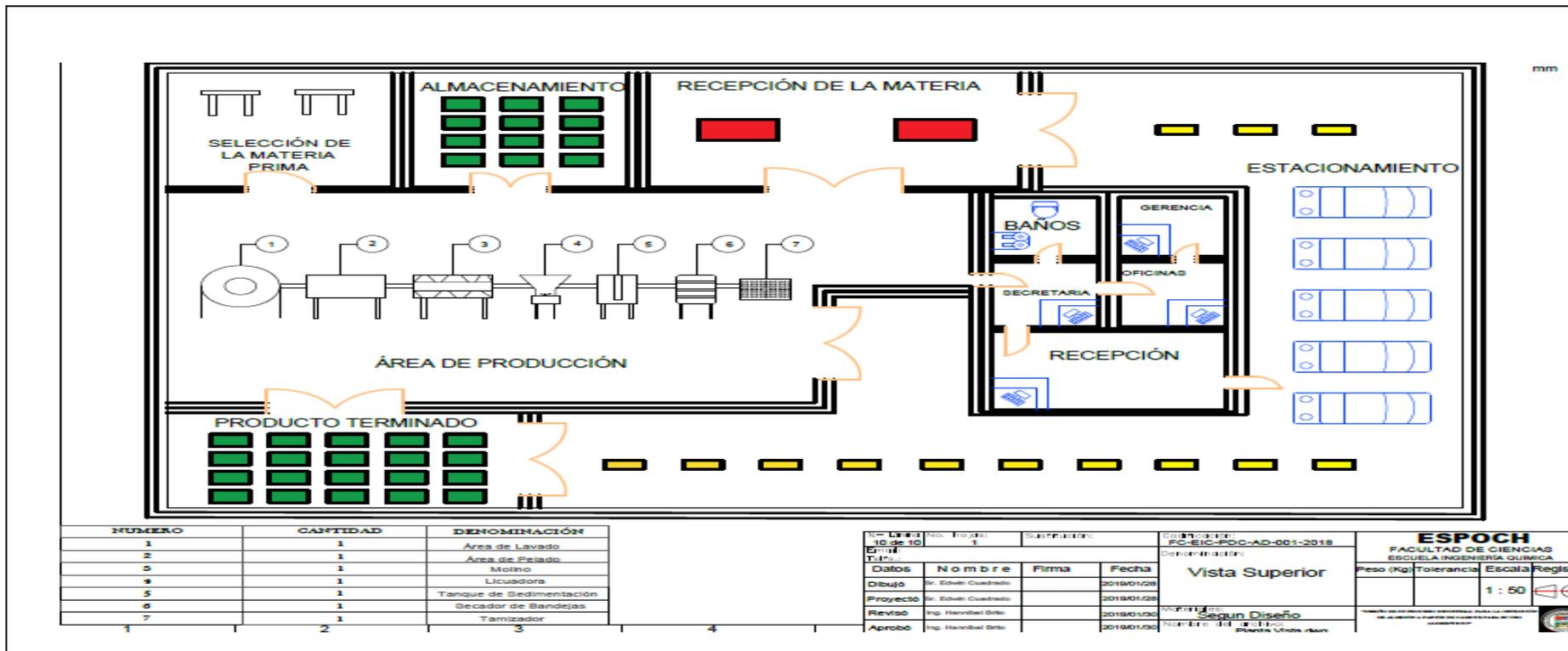


NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(8) Molino de fricción	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			
			8/9	1:2	12/03/2019



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
(9) Tamiz Vibratorio	<input checked="" type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel			

Anexos I. Diseño de la planta



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Por Información	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Edwin Alfredo Cuadrado Peñafiel	“Diseño de un proceso industrial para la obtención de Almidón a partir de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>) para su uso alimenticio”		
			Lámina 1/1	Escala 1:2	Fecha 12/03/2019