



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

**“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE HARINA A PARTIR DEL ORITO (*Musa Acuminata* AA) PARA
LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TABLAS
DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: EDILMA JACQUELINE NÚÑEZ VILLARES

DIRECTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Edilma Jacqueline Núñez Villares

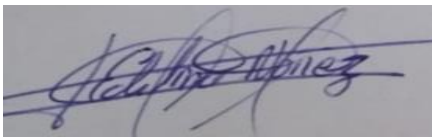
Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Edilma Jacqueline Núñez Villares, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 24 de Agosto de 2020

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Edilma Núñez Villares'.

Edilma Jacqueline Núñez Villares

180380625-4

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DEL ORITO (*Musa Acuminata* AA) PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”**, realizado por la señorita: **Edilma Jacqueline Núñez Villares**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Segundo Hugo Calderón PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	24 / 08 / 2020
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	24 / 08 / 2020
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	24 / 08 / 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico de manera especial a mis padres quienes son mi motivación, inspiración, orgullo y felicidad ya que son las personas más importantes en mi vida, el pilar fundamental para terminar mi carrera universitaria quienes con sus consejos, paciencia, amor y su apoyo en los momentos más difíciles de esta etapa, sobre todo han sido un soporte indispensable en mi carrera, siendo ellos los que me apoyaron con los recursos necesarios para culminar mi carrera, quienes me enseñaron a ser perseverante para cumplir uno de mis objetivos.

A mi hermana que ha sabido escuchar, aconsejar y ser un apoyo indispensable pese a la distancia.

A mi enamorado por compartir momentos buenos y malos y ser un apoyo incondicional en esta vida universitaria.

Jacqueline Núñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante y no flaquear ante ningún obstáculo que se me presentó, enseñándome que de la mano de él siempre podré salir adelante, a mis padres Ángel y Cristina que con sus demostraciones de padres ejemplares me enseñaron a no rendirme y siempre brindarme su amor, reprendiendo mis errores y celebrando mis triunfos.

A mi hermana Lcda. Laura Núñez quien con sus consejos y ejemplo me impulsó a seguir adelante y que todo esfuerzo tiene su recompensa. A mí enamorado Mario quien con sus ocurrencias y vivencias ha alegrado mi vida. A mis tíos, primos quienes siempre tuvieron palabras de aliento para mi persona.

De igual manera quiero agradecer a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por los conocimientos impartidos en las aulas durante mi formación, un agradecimiento especial a mi tutora Ing. Mabel Parada y colaboradora Ing. Mayra Zambrano por su colaboración en la culminación del presente trabajo de titulación. Así también a la Ing. Valeria Tapia por su asesoría, Ing. Mónica Andrade por su amistad e Ing. Lady Apolo por la ayuda prestada en el laboratorio de operaciones industriales.

A la Asociación ASOPROTAB, a su representante legal el señor Wilmo Velasco por abrirme las puertas para poder realizar el presente trabajo de titulación y así aportar con mis conocimientos para el mejoramiento de la asociación.

Al Sr. Mario G. Arcos quien nunca me negó su apoyo y ayuda de igual manera a mis compañeros y amigos Marcia, Janina, Verónica, Johana, Lenin, Edwin y Ernesto por haber encontrado en ellos la dicha de compartir agradables momentos de alegría y tristeza en este largo camino de la vida universitaria.

Jacqueline Núñez

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE GRÁFICOS	xv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1 Identificación del problema	3
1.2 Justificación del proyecto	4
1.3 Línea base del Proyecto	4
1.3.1 Antecedentes de la asociación ASOPROTABF.....	4
1.3.2 Localización del proyecto.....	5
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	6
1.4.1 Directos	6
1.4.2 Indirectos.....	6
1.5 Objetivos del proyecto.....	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	8

2.2	Marco teórico	10
2.2.1	Banano orito (Musa Acuminata AA).....	10
2.2.2	Origen de banano orito	11
2.2.3	Descripción taxonómica de banano orito.....	11
2.2.4	Características físicas y análisis proximal de banano orito	11
2.2.5	Valor nutricional de banano orito	12
2.2.6	Beneficios que brinda banano orito	13
2.2.7	Valor nutricional de banano orito	13
2.2.8	Producción de banano orito en el Ecuador	14
2.2.9	Harina de banano orito	15
2.2.10	Operaciones unitarias para la elaboración de harina de orito	16
2.2.10.1	Secado de alimentos	17
2.2.10.2	Curvas de secado	17
2.2.10.3	Períodos de secado.....	17
2.2.10.4	Humedad.....	18
2.2.10.5	Cinética de secado	18
2.2.10.6	Tipos de secadores	20
2.2.10.7	Molienda.....	24
2.2.10.8	Tamizado	28

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1	Tipo de estudio	31
3.2	Métodos y Técnicas	31
3.2.1	Métodos.....	31
3.2.2	Técnicas	32
3.3	Muestreo y caracterización de materia prima	37
3.3.1	Muestreo de materia prima.....	37
3.3.2	Caracterización de materia prima	37

3.4	Ensayos a nivel de laboratorio para la obtención de harina de orito	38
3.4.1	Requerimiento de materia prima e insumos, materiales y equipos	38
3.4.2	Descripción del proceso a nivel de laboratorio	39
3.4.2.1	Recepción de materia prima	39
3.4.2.2	Selección de materia prima	40
3.4.2.3	Lavado de banano orito (Musa Acuminata AA).....	40
3.4.2.4	Pelado de banano orito (Musa Acuminata AA).....	41
3.4.2.5	Pesaje.....	41
3.4.2.6	Rebanado	41
3.4.2.7	Inmersión	42
3.4.2.8	Secado	42
3.4.2.9	Molienda	43
3.4.2.10	Tamizado	43
3.4.2.11	Empacado y almacenamiento.....	44
3.4.3	Datos experimentales de secado	44
3.4.3.1	Tratamiento 1 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido cítrico).....	44
3.4.3.2	Tratamiento 2 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido ascórbico).....	48
3.4.3.3	Tratamiento 3 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido cítrico y ascórbico).....	51
3.4.3.4	Tratamiento 4 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido cítrico).....	54
3.4.3.5	Tratamiento 5 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido ascórbico).....	57
3.4.3.6	Tratamiento 6 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido cítrico y ascórbico).....	60
3.4.3.7	Tratamiento 7 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido cítrico).....	63
3.4.3.8	Tratamiento 8 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido ascórbico).....	65
3.4.3.9	Tratamiento 9 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido cítrico y ascórbico).....	68
3.4.3.10	Selección del inhibidor enzimático más idóneo y de la temperatura óptima de secado.....	70
3.4.4	Datos experimentales de tamizado.....	72

3.5	Variables y parámetros de proceso para la obtención de harina de orito	74
3.6	Cálculos de Ingeniería	75
3.6.1	Balance de masa y energía	75
3.6.1.1	Balance de masa.....	75
3.6.1.2	Balance de energía	87
3.6.2	Dimensionamiento del equipo básico	91
3.6.2.1	Secador de bandejas	91

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS.....	99
4.1	Caracterización de materia prima (banano orito).....	99
4.1.1	Caracterización física de materia prima.....	99
4.1.2	Caracterización química de banano orito.....	100
4.2	Resultados de la determinación de inhibidor enzimático	101
4.2.1.1	Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico, y la combinación, temperatura de secado 40°C.....	101
4.2.1.2	Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico, y la combinación, temperatura de secado 50°C.....	102
4.2.1.3	Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico y la combinación, temperatura de secado a 60°C	102
4.3	Validación del proceso mediante caracterización bromatológica y microbiológica de harina de orito.....	103
4.3.1	Caracterización bromatológica de harina de orito	103
4.3.2	Caracterización microbiológica de harina de orito	104
4.4	Proceso de producción.....	105
4.4.1	Determinación de las operaciones unitarias, variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito	105
4.4.2	Resultados del dimensionamiento de equipos	105
4.4.3	Operaciones unitarias del proceso para la obtención de harina de orito	106
4.4.3.1	Secado.....	106

4.4.3.2	Molienda y tamizado.....	106
4.4.4	Variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito	106
4.4.4.1	Temperatura de secado.....	107
4.4.4.2	Tiempo de secado.....	107
4.4.4.3	Inhibidor enzimático	107
4.4.4.4	Tiempo de inmersión.....	107
4.4.4.5	Granulometría	108
4.4.5	Materia prima, aditivos e insumos	108
4.4.6	Diagrama del proceso de producción de harina de orito	108
4.4.6.1	Descripción del proceso de producción de harina de orito	109
4.4.7	Capacidad de producción	111
4.4.8	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	111
4.4.8.1	Equipos que se requiere implementar para el proceso de producción.....	111
4.4.8.2	Materiales que se requiere implementar para el proceso de producción	112
4.5	Análisis costo/beneficio del proyecto	113
4.5.1	Distribución y diseño de la planta	113
4.5.1.1	Descripción de áreas de la planta	113
4.5.1.2	Costo de equipos	114
4.5.1.3	Costo de materia prima	115
4.5.1.4	Costo de mano de obra directa	116
4.5.1.5	Costo de análisis de laboratorio.....	117
4.5.1.6	Costos fijos	117
4.5.1.7	Muebles y enseres	118
4.5.1.8	Presupuesto de producción.....	118
4.5.1.9	Indicadores financieros	120
4.6	Discusión de resultados	121
	CONCLUSIONES.....	124
	RECOMENDACIONES	125

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Característica geográficas de la Parroquia Telimbela.....	5
Tabla 1-2:	Antecedentes relacionados con la investigación.....	9
Tabla 2-2:	Descripción taxonómica del banano orito	11
Tabla 3-2:	Valores de referencia para las características físicas de orito	12
Tabla 4-2:	Valores referenciales del análisis proximal para banano orito.....	12
Tabla 5-2:	Composición nutricional en 100 g de porción de banano orito	12
Tabla 6-2:	Composición nutricional en 100 g de porción de banano orito	14
Tabla 1-3:	Determinación de las características físicas de banano orito	32
Tabla 2-3:	Determinación de pH	33
Tabla 3-3:	Determinación de humedad.....	33
Tabla 4-3:	Determinación de sólidos totales.....	34
Tabla 5-3:	Determinación de Ceniza	35
Tabla 6-3:	Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. REP.	36
Tabla 7-3:	Eliminación de humedad en el secador de bandejas	36
Tabla 8-3:	Tratamiento de banano orito	38
Tabla 9-3:	Materia prima e insumos	38
Tabla 10-3:	Materiales y equipos necesarios para la obtención de harina de orito	39
Tabla 11-3:	Cantidad de materia prima y aditivos utilizados para los ensayos de laboratorio	39
Tabla 12-3:	Datos experimentales a temperatura de 40°C + solución de ácido cítrico	45
Tabla 13-3:	Datos experimentales a temperatura de 40°C + solución de ácido ascórbico	48
Tabla 14-3:	Datos experimentales a temperatura de 40°C y solución combinada	51
Tabla 15-3:	Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución de ácido cítrico	54
Tabla 16-3:	Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución de ácido ascórbico	57
Tabla 17-3:	Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución combinada	60
Tabla 18-3:	Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución de ácido cítrico	63
Tabla 19-3:	Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución de ácido ascórbico	65
Tabla 20-3:	Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución combinada	68
Tabla 21-3:	Prueba t-student para determinar la temperatura óptima	72
Tabla 22-3:	Datos luego del tamizado de harina de orito	72
Tabla 23-3:	Datos del análisis granulométrico de la harina de banano orito.....	73
Tabla 24-3:	Variables y parámetros del proceso.....	74
Tabla 25-3:	Registro de orito rechazado.....	75
Tabla 26-3:	Datos experimentales para el balance de energía en el secador.....	87
Tabla 27-3:	Datos adicionales para el balance de energía	88

Tabla 28-3:	Consideraciones para dimensionar el secador de bandejas.....	91
Tabla 29-3:	Características del material (acero inoxidable AISI 304).....	93
Tabla 1-4:	Características físicas de banano orito	100
Tabla 2-4:	Determinación de las características química de la materia prima	100
Tabla 3-4:	Parámetros bromatológicos de harina de orito	103
Tabla 4-4:	Parámetros microbiológicos de harina de orito	104
Tabla 5-4:	Dimensiones del secador de bandejas	105
Tabla 6-4:	Materia prima, aditivos e insumos para la obtención de harina de orito.....	108
Tabla 7-4:	Equipos necesarios para el proceso de producción de harina de orito	112
Tabla 8-4:	Materiales necesarios para el proceso de producción de harina de orito	112
Tabla 9-4:	Costos de los equipos para la producción de harina de orito	115
Tabla 10-4:	Costos de los materiales para la producción de harina de orito	115
Tabla 11-4:	Materia prima, aditivos e insumos para producir 250 g harina de orito.....	116
Tabla 12-4:	Materia prima, aditivos e insumos para procesar 338,25 kg de materia prima (lote de producción) diario	116
Tabla 13-4:	Costo de mano de obra directa	116
Tabla 14-4:	Costo de análisis de laboratorio	117
Tabla 15-4:	Costos fijos	118
Tabla 16-4:	Costo de consumo de combustible	118
Tabla 17-4:	Costos de muebles y enseres	118
Tabla 18-4:	Relación costo-beneficio para la producción de harina de orito (por lote)	119
Tabla 19-4:	Flujo de caja para la producción de harina de orito	119
Tabla 20-4:	Indicadores financieros para la producción de harina de orito	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ubicación geográfica de la Parroquia de Telimbela	6
Figura 1-2:	Banano orito (<i>Musa Acuminata AA</i>)	10
Figura 2-2:	Curvas de secado en condiciones constantes	17
Figura 3-2:	Secador de bandejas	20
Figura 4-2:	Secador al vacío.....	21
Figura 5-2:	Secador de túnel	21
Figura 6-2:	Secador rotatorio	22
Figura 7-2:	Secador de tambor	22
Figura 8-2:	Secador por aspersion.....	23
Figura 9-2:	Secador de granos.....	23
Figura 10-2:	Molino de martillos	24
Figura 11-2:	Molino de frotación	25
Figura 12-2:	Molino de volteo	26
Figura 13-2:	Molino ultrafino SCM	26
Figura 14-2:	Molino de martillo.....	27
Figura 15-2:	Molino agitado	27
Figura 16-2:	Tamizado.....	28
Figura 17-2:	Tamices	29
Figura 18-2:	Tamices industriales	29

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curva de humedad vs tiempo de secado a 40°C y solución de ácido cítrico	45
Gráfico 2-3:	Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución de ácido cítrico	46
Gráfico 3-3:	Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución de ácido cítrico.....	47
Gráfico 4-3:	Curva de humedad vs tiempo de secado 40°C y solución de ácido ascórbico ..	49
Gráfico 5-3:	Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución de ácido ascórbico	49
Gráfico 6-3:	Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución de ácido ascórbico.....	50
Gráfico 7-3:	Humedad vs tiempo de secado a 40°C y solución combinada	52
Gráfico 8-3:	Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución combinada	52
Gráfico 9-3:	Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución combinada.....	53
Gráfico 10-3:	Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución de ácido ascórbico.....	54
Gráfico 11-3:	Velocidad de secado vs humedad a 50°C + solución de ácido cítrico	55
Gráfico 12-3:	Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de ácido cítrico.....	56
Gráfico 13-3:	Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución de ácido ascórbico.....	57
Gráfico 14-3:	Velocidad de secado vs humedad a 50°C y solución de ácido ascórbico	58
Gráfico 15-3:	Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de ácido ascórbico.....	59
Gráfico 16-3:	Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución combinada	60
Gráfico 17-3:	Velocidad de secado vs humedad a 50°C y solución combinada	61
Gráfico 18-3:	Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de solución combinada.....	62
Gráfico 19-3:	Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución de ácido cítrico.....	63
Gráfico 20-3:	Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución de ácido cítrico	64
Gráfico 21-3:	Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido cítrico.....	64
Gráfico 22-3:	Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución de ácido ascórbico.....	66
Gráfico 23-3:	Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico	66
Gráfico 24-3:	Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico.....	67
Gráfico 25-3:	Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución combinada	68
Gráfico 26-3:	Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución combinada	69
Gráfico 27-3:	Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico.....	70
Gráfico 28-3:	Contenido de humedad (Kg H ₂ O/Kg Ss) vs tiempo de secado (min).....	71
Gráfico 29-3:	Balance global de masa del proceso de obtención de harina de orito	86
Gráfico 1-4:	Diagrama del proceso de producción de harina de orito	109
Gráfico 2-4:	Capacidad de producción por lote.....	111

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-3:	Recepción de materia prima	39
Fotografía 2-3:	Orito seleccionado.....	40
Fotografía 3-3:	Lavado de orito	40
Fotografía 4-3:	Pelado de banano orito	41
Fotografía 5-3:	Rebanado de orito	41
Fotografía 6-3:	Oritos sumergidos en solución de ácido cítrico	42
Fotografía 7-3:	Secado de oritos	42
Fotografía 8-3:	Molienda de orito seco	43
Fotografía 9-3:	Tamizado de harina de orito	43
Fotografía 10-3:	Muestras de harina de orito a 60°C.	44
Fotografía 1-4:	Diferentes formas de banano orito	99
Fotografía 2-4:	Muestras de oritos secos a 40°C.....	101
Fotografía 3-4:	Muestras de oritos secos a 50°C.....	102
Fotografía 4-4:	Muestras de oritos secos a 60°C.....	102

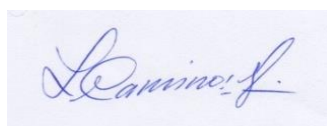
ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Resultados del análisis bromatológico de banano orito
- Anexo B:** Resultado del análisis nutricional de banano orito
- Anexo C:** Resultados del análisis bromatológico de harina de orito
- Anexo D:** Resultados del análisis bromatológico de harina de orito
- Anexo E:** Resultados del análisis microbiológico de harina de orito
- Anexo F:** Resultados del análisis nutricional de harina de orito
- Anexo G:** Etiqueta del producto final
- Anexo H:** Cámara externa e interna del secador de bandejas
- Anexo I:** Bandeja individual y base de la resistencia
- Anexo J:** Resistencia y puerta del secador de bandejas
- Anexo K:** Vidrio templado y eje de la puerta
- Anexo L:** Base y vistas principales del secador de bandejas
- Anexo M:** Distribución de la planta de la ASOPROTABF

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue diseñar un proceso industrial para la obtención de harina de orito (*Musa Acuminata AA*) para la Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF), se inició con la caracterización físico-química de banano orito encontrándose los parámetros de humedad 70,38%, pH 6,67, materia seca 29,62%, cenizas 0,92%, fibra 1,12%, grasa 1,30%, proteína 3,33%, carbohidratos 20,25%, azúcares totales 4,7% y vitamina B6 0,29 mg/100 g, así también las dimensiones y forma del mismo, cumpliendo con los valores referenciales establecidos, ya que se trata de una fruta exótica. Para determinar el inhibidor enzimático más idóneo y la temperatura adecuada para el proceso de secado se realizaron ensayos a nivel de laboratorio, obteniéndose el mejor resultado al tratar con ácido cítrico al 0,25% lo cual permite evitar el pardeamiento enzimático y temperatura de 60°C en un período de 5 h logrando así alcanzar una humedad del 8,30%, las variables más importantes que influyen en el proceso son inhibidor enzimático, tiempo de inmersión de 10 min, temperatura, tiempo de secado y granulometría. Con los datos obtenidos se realizó el dimensionamiento de un secador de bandejas y de la planta para una capacidad de 338,25 kg de carga por lote con un rendimiento del 22,3%, con la finalidad de validar el diseño se efectuó la caracterización de la harina de orito en base a la norma NTE INEN 616: 2015. Harina de trigo. Requisitos ya que en la actualidad no existe una norma específica para dicho producto. Y finalmente se realizó el análisis financiero en el que se pudo verificar que el proyecto es económicamente viable y factible, para garantizar la inocuidad del producto se recomienda implementar las buenas prácticas de manufactura.

Palabras claves: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <ORITO (*Musa Acuminata AA*) >, <PROCESO DE SECADO>, <INHIBIDOR ENZIMÁTICO>, <MOLIENDA>, <HARINA DE ORITO>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA>.



04-08-2020

0178-DBRAI-UPT-2020

ABSTRACT

The objective of the present degree work was to design an industrial process to obtain “orito” flour (*Musa Acuminata AA*) for the “Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF)”. It began with the physical-chemical characterization of banana “orito” finding the parameters of humidity 70.38%, pH 6.67, dry matter 29.62%, ash 0.92%, fibre 1.12%, fat 1.30%, protein 3.33%, carbohydrates 20.25%, total sugars 4.7% and vitamin B6 0.29 mg/100 g, as well as the dimensions and shape thereof, complying with the established reference values, since it is of exotic fruit. Laboratory tests were necessary to determine the most suitable enzymatic inhibitor and the adequate temperature for the drying process, obtaining the best result when treating with 0.25% citric acid, which allows avoiding enzymatic browning and a temperature of 60 ° C in a period of 5 h thus achieving a humidity of 8.30%. The essential variables that influence the process are enzyme inhibitor, 10 min immersion time, temperature, drying time, and particle size. With the data obtained, the tray dryer sizing and the plant for a capacity of 338.25 kg of load per batch with a yield of 22.3% were crucial to validate the design, the characterization of “orito” flour based on the NTE INEN 616: 2015 standard. Wheat flour. Requirements since there is currently no specific standard for this product. Moreover, the financial analysis was carried out in which the project’s validity showed it is economically viable and feasible, to guarantee product safety, the recommendation is to implement good manufacturing practices.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <ORITO (*Musa Acuminata AA*)>, <DRYING PROCESS>, <ENZYMATIC INHIBITOR>, <MILL>, <ORITO FLOUR>, <PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION>.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de banano es una de las actividades agrícolas más importantes para el crecimiento económico de los países, es así que según algunas investigaciones realizadas indican que se produce anualmente 78,8 millones de toneladas de banano de las cuales 16,3 millones de toneladas son destinados a la exportación y la parte sobrante es para consumo interno (AEBE, 2019, p. 17).

América Latina y el Caribe se constituyen como el segundo productor de bananos y frutas tropicales a nivel mundial, representa el 25% de la producción total de bananos con un volumen de producción anual de aproximadamente 54 millones de toneladas durante 2016 y 2018; con un consumo anual per cápita total de 55 kg entre banano y la principales frutas tropicales. Considerada como la región exportadora más importante para los bananos y las 4 frutas tropicales (mango, papaya, aguacate y piña), representando el 75% de las exportaciones mundiales con un volumen promedio anual total de 25 millones de toneladas durante el período que comprende de 2016 a 2018; se considera que el 80% de la cifra mencionada son destinados a los mercados de países desarrollados, principalmente los Estados Unidos de América y la Unión Europea (UE; AEBE, 2019, p. 17)

Ecuador se sitúa sólidamente como el mayor exportador mundial de bananas, debido al aporte del 36% de las exportaciones mundiales en el período que comprende 2016 – 2018, logrando así enviar 6.6 millones de toneladas de banano en el año 2018, esto gracias a las condiciones climáticas favorables para la producción y cultivo de los frutos durante estos años. Los destinos principales de bananos ecuatorianos son: UE, Federación de Rusia y Estados Unidos con ventas de 1,9 millones de toneladas, 1,5 millones y 780.000 toneladas de banano respectivamente entre 2016 – 2018, en promedio logrando conseguir USD2.9 mil millones (AEBE, 2019, pp. 17-18).

Actualmente, en el Ecuador producen una gran variedad de bananos así como: Valery, Dominico, mayormente se produce la Cavendish y dentro de ellos también se tiene el orito (AEBE, 2019, pp. 17-18).

El orito (*Musa Acuminata AA*) es una fruta exótica, caracterizado por ser de tamaño variante más pequeña y más dulce que otro tipo de bananos, mide aproximadamente 12 cm y cuando se encuentra maduro tiene la piel amarilla, de pulpa blanca, cremosa y de alta consistencia; es altamente nutricional por poseer carbohidratos, proteínas, vitaminas B6 (ayuda a la salud del corazón) y C. Gracias a las condiciones climáticas que presenta Ecuador su producción se da durante todo el año (Valencia, 2012, pp. 16-17).

La asociación ASOPROTAB perteneciente a la parroquia de Telimbela del Cantón Caluma, provincia de Bolívar, es una zona agrícola que se dedican como actividad principal a la producción de banano orito ya sea como pequeños o medianos productores, gracias a las gestiones que han realizado los dirigentes y asociados en la actualidad exportan aproximadamente 1505 cajas de orito y morado por semana, a estas comúnmente lo han denominado Fluxical y pesa 18,5 lb con cartón y 16,5 lb sin cartón (Velasco, 2018). Sin embargo, existen épocas del año en el que hay sobreproducción y pues como producto de ello dicho fruto es destinado como alimentación porcina, aves y la parte sobrante se descompone con el pasar del tiempo ya que no poseen una tecnología que les permita procesar.

Por lo establecido anteriormente en el presente proyecto se pretende realizar el diseño de un proceso industrial para la obtención de harina a partir de orito, de manera que permita darle un valor agregado garantizando el tiempo de vida útil, aprovechar la composición nutricional que brinda, facilidad de transporte y por lo tanto beneficiará directamente a los asociados y a las personas que sufren de desnutrición.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

En Ecuador, la mayor producción de banano orito (*Musa Acuminata AA*) se centra básicamente en las provincias de Guayas, Azuay, Bolívar, El Oro, Cotopaxi, Chimborazo y Amazonia, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) indica que en el año 2016 obtuvo una producción de 49 369 Tm/ha de los cuales únicamente el 37 320 Tm/ha fueron vendidas. Además, cabe mencionar que cuando hay mayor demanda en el mercado y sobreproducción de este fruto es destinado como fuente de alimentación porcina, aves o sufren descomposición con el pasar del tiempo (Ponce, 2013, p. 9).

Actualmente, el orito (*Musa Acuminata AA*) es calificado como una fruta exótica con un alto valor nutricional debido a que contiene vitaminas C y B6 (sustancial para mantener la salud del corazón), fibra y potasio, a pesar de ser un fruto muy conocido y de gran valor en el país el uso que se le da es solamente con fines de exportación como fruta natural fresca, consumo interno y la parte restante es destinado para la alimentación de animales e incluso se descomponen por si solas, lo cual genera pérdida para los pequeños y medianos productores por no poseer una tecnología que permita la industrialización de orito para brindarle un valor agregado (Valencia, 2012, pp. 16-17).

El Recinto Tablas de la Florida, perteneciente a la parroquia Telimbela del Cantón Chimbo de la provincia de Bolívar por situarse en la zona baja y por poseer un clima subtropical es favorable para la producción de orito, pues según los registros manejado por la asociación indican que de esta parroquia provienen alrededor de 185,07 ton/año de los asociados y 14,91 ton/año de los productores independientes, cuyo producto es destinado a la exportación y consumo humano a nivel nacional (Velasco, 2018).

Por la elevada demanda de los diferentes tipos de bananos en el mercado ecuatoriano, algunas industrias se han interesado por procesar y ofrecer una variedad de productos, entre ellos resalta la harina de plátano de diversas marcas como: Vidarina, Nativa, Sojasun, Plátano Oriental, Maxvita, sin embargo en la actualidad no existe harina de orito. Es por ello la importancia de realizar el diseño de un proceso industrial para la obtención de harina de orito, el cual permitirá brindar un producto orgánico y que aporte en la salud de las personas, contribuir con la asociación

y mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona ya que al darle un valor agregado podrán obtener mayor ingreso económico.

1.2 Justificación del proyecto

El orito es un fruto de alto valor nutricional por contener proteínas, carbohidratos, vitaminas A, C y B6, sales minerales y fibra. Presenta características específicas tales como: de sabor más dulce que los otros tipos de banano, mide aproximadamente 12 cm, se produce durante todo el año, cuando alcanza la madurez está recubierto por una piel amarilla, de pulpa blanca, cremosa y de alta consistencia; su consumo en estado fresco como postre y varias preparaciones de forma casera; sin embargo, en la actualidad se requiere de nuevas tecnologías que permitan el procesamiento de este producto delicioso, con el fin de darle un valor agregado de manera que garantice obtener productos de calidad y nutritivos (Valencia, 2012, pp. 16-17).

La composición química del orito permite desarrollar una variedad de productos entre ellos se tiene: compotas, dulces, manjares, harina, pan, galletas, alcohol, entre otros, permitiendo así alargar el tiempo de vida útil, facilidad de transporte y la conservación del producto.

El presente proyecto está enfocado en darle un valor agregado al orito que se cultiva en las zonas cálidas, de manera especial en el Recinto Tablas de la Florida del cantón Caluma, provincia de Bolívar, con lo cual se pretende la obtención de harina de orito. El consumo de los derivados de harina de orito garantiza una alimentación saludable y nutritiva para las personas.

Por tanto, es importante promover acciones al respecto, que permita a los asociados y pequeños productores la elaboración de un producto de calidad que genere mayor rendimiento y por ende mayores ganancias.

1.3 Línea base del Proyecto

1.3.1 Antecedentes de la asociación ASOPROTABF

La Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida “ASOPROTABF” se dedica a la venta al por mayor de banano y plátano. Sus actividades en el comercio iniciaron el 24 de julio de 2016, gracias a la gestión de los dirigentes en el mismo año comenzaron con la exportación de banano orito y morado, dichos productos llevan una etiqueta de color verde indicando que la producción es limpia y sostenible, garantizando así que es un producto natural y de calidad (Velasco, 2018).

A partir del año 2016 la asociación se ha consolidado como una organización pionera en la exportación de banano de ese sector, y en la actualidad se encarga de exportar alrededor de 1505 cajas de orito y morado/semana, a estas comúnmente lo han denominado como Fluxical y pesa 18,5 lb con cartón y 16,5 lb sin cartón (Velasco, 2018).

La asociación se encuentra situada en el Recinto Tablas de la Florida, vía a Caluma Montalvo S/N, Parroquia Telimbela del Cantón Chimbo, Provincia de Bolívar. La asociación está conformada por 17 personas asociadas, los cuales son fundadores de la misma (Gobierno Autónomo Parroquial de Telimbela de la Provincia de Bolívar, 2015).

1.3.2 Localización del proyecto

El presente proyecto será efectuado en la propiedad que pertenece a la Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF), vía Caluma-Montalvo.

El Recinto Tablas de la Florida está ubicado en la Parroquia Telimbela del Cantón Chimbo perteneciente a la provincia de Bolívar, según datos obtenidos del Plan de Desarrollo y Organización Territorial vigente en el año 2015 indica que esta parroquia abarca 42 comunidades.

La Parroquia de Telimbela fue fundada el 23 de abril de 1884 y se encuentra en la zona rural del Cantón Chimbo, con una altitud promedio de 1464 msnm y temperatura aproximada de 24 °C.

Tabla 1-1: Característica geográficas de la Parroquia Telimbela

INFORMACIÓN	
Límites de la Parroquia Telimbela	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Norte: Cerro de Ashcohaca, Aminchulli y Tundaloma y La Parroquia Magdalena. ➤ Sur: La Parroquia de Balzapamba ➤ Este: El Cerro de Llamaquincha Gualazay Palmas y Tamboloma seguido el camino del Tronador hasta tocar con la Altura Cerro Grande Cabeceras de Tiandiagote y Cantón San Miguel ➤ Oeste: Las Cordilleras de Cumbilli y Caluma la vuelta de Telimbela y El Cerro de Samama del Cantón Caluma.
Clima	La temperatura promedio oscila entre 12-22 °C.

Fuente: GAD Parroquial de Telimbela, 2018.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.



Figura 1-1: Ubicación geográfica de la Parroquia de Telimbela

Fuente: Google Maps, 2019.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

- El principal beneficiario es la Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF), debido que el presente proyecto permitirá el desarrollo y sustento de nuevas fuentes de economía para la población y a nivel nacional.

1.4.2 Indirectos

- Los agricultores que están vinculados directamente a la producción de banano orito ya que al darle un valor agregado permitirá obtener mayores ingresos y por lo tanto mejoraría la calidad de vida.
- El Recinto Tablas de la Florida, puesto que en la zona no hay ninguna planta de procesamiento, constituyéndose así en el progreso de las familias que dependen de este fuente de trabajo.
- Las personas que presentan desnutrición, particularmente los niños ya que según un informe difundido por el Ministerio de Salud Pública indica que se registra índices de desnutrición en uno de cada cuatro niños menores de cinco años por falta de una alimentación equilibrada y saludable, es por ello la importancia de incluir la harina obtenida a partir de orito ya que se

trata de una fruta con alto valor nutricional en vitaminas, proteínas, carbohidratos, ideal para mantener la salud (La República, 2018).

1.5 Objetivos del proyecto

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar un proceso industrial de harina de Orito (*Musa Acuminata AA*), para la Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF).

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima para conocer sus propiedades nutricionales y funcionales en base a la norma NTE/INEN –Codex 192:2013.
- Determinar las operaciones unitarias, variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito (*Musa Acuminata AA*).
- Realizar los cálculos para el diseño de ingeniería del proceso de obtención de harina de orito (*Musa Acuminata AA*).
- Validar el proceso mediante la caracterización bromatológica y microbiológica de la harina obtenida mediante la normativa NTE INEN 616:2015.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Antecedentes de la Investigación

En la actualidad, existen diferentes estudios sobre el proceso de obtención de harina a partir de orito, el cual se constituye una fuente importante para el investigador debido que los resultados y metodología sirven de base para buscar estrategias y alternativas que permitan mejorar dichos procesos, a continuación, se describe algunas investigaciones realizadas:

Según Valencia (2012), en su trabajo de investigación denominado “Desarrollo de una tecnología de harina de orito (*musa Acuminata* AA) en túnel de secado de adecuadas características sensoriales y nutricionales”, indica que desarrolló 9 tratamientos, en el que analizó la temperatura de secado de 40, 50 y 60°C y la variación de la concentración de las soluciones de ácido cítrico, ascórbico y la combinación de ambos, logrando obtener que la temperatura óptima de secado es a 60°C y el ácido que mejor actúa como inactivador enzimático fue el ácido cítrico a una concentración de 0,25%, y adicional a ello realizó el respectivo análisis proximal en el que cuyos resultados indican que todos los parámetros se encuentran dentro del límite que rige la norma, siendo apto para consumo humano.

En 2012 Jiménez y Machado (2012) con el tema “Estudio de factibilidad para la producción de harina de orito en la comunidad de Chinambi”, indican que analizaron la materia prima que la comunidad poseía, en este caso el orito es el fruto que producían con más frecuencia en ese sector, sin embargo no hubo una tecnología que les permita procesar este fruto y darle un valor agregado, es por ello que han realizado dicha investigación logrando obtener que el proyecto es económicamente viable y factible para el sector, esto mediante un análisis financiero realizado, en el que determinaron mediante los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

Según Carbay (2014), en el trabajo titulado “Valoración de la harina de banano (*musa sapientum*) según sus grados de cosecha en las variedades Valery, Cavendish gigante y Filipino”, para lo cual desarrollo varios ensayos y obtuvo que al realizar el análisis proximal las tres variedades de fruta no variaron significativamente, adicionalmente compararon con los parámetros de harina de trigo y obtuvieron que la harina de banano de tipo Cavendish gigante es el que presenta mayor cantidad de proteínas en un 3,87% sin embargo hay una diferencia del 5,23% con respecto a la harina de

trigo ya que esta posee el 9,10%. Este tipo de harinas se diferencia de la de trigo por contener mayor cantidad de potasio de 1,42%, siendo ideal para la nutrición.

Según Peñafiel (2017), en el trabajo denominado “Evaluación del efecto del método químico (Eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de oritos *Musa Acuminata* AA rebanados, menciona que evaluaron dos tratamientos (químico y físico) y el proceso de secado sobre el pardeamiento de rebanadas de banano orito, llegando a la conclusión de que el secado convectivo influye sobre el pardeamiento, sin embargo, mediante análisis instrumentales y organolépticos los tratamientos que incluyeron eritorbato de sodio exhibieron un menor nivel de pardeamiento que las muestras escaldadas. Además, lograron obtener que el tratamiento 5 (eritorbato de sodio 1% a 60°C, 2 m/s) y el tratamiento 6 (eritorbato de sodio 1% a 60°C, 4 m/s) fueron los mejores tratamientos.

Tabla 1-2: Antecedentes relacionados con la investigación.

Año	Autor	Título	Descripción	Página
2017	Peñafiel Solano Yesenia Mishel	“Evaluación del efecto del método químico (Eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de oritos <i>Musa Acuminata</i> AA rebanados”	Permite analizar el efecto de pardeamiento enzimático al emplear método químico y está a su vez la influencia que tiene en el proceso de secado, contribuyendo así en la selección de los inhibidores posibles a emplear sin que afecte las características físico-químicas y nutricionales de la harina de orito.	2-3
2014	Carbay Uyaguari Edwin Efrén	“Valoración de la harina de banano (<i>musa sapientum</i>) según sus grados de cosecha en las variedades Valery, Cavendish gigante y Filipino”	Esta investigación permite determinar el grado de madurez más idóneo de banano orito para la elaboración de harina de orito, ya que las características nutricionales y sensoriales dependen de esta variable.	11-12
2012	Jiménez Freddy y Machado Maritza	“Estudio de factibilidad para la producción de harina de orito en la	El estudio permitió conocer si el proyecto es factible en caso de implementarse, puesto que según los indicadores financieros encontraron que es económicamente viable, pues para alcanzar este fin	2-5

		comunidad de Chinambi”.	realizaron la caracterización de la materia prima, garantizando la calidad del producto final.	
2012	Valencia Coca Gladys Adriana	“Desarrollo de una tecnología de harina de orito (<i>Musa Acuminata</i> AA) en túnel de secado de adecuadas características sensoriales y nutricionales”.	La presente investigación está relacionada de forma directa con el estudio a efectuarse, ya que se trata de desarrollar una tecnología para la obtención de harina de orito utilizando un túnel de secado, pues para lograr este fin ha establecido plasmar 9 tratamientos considerando la temperatura de secado y los inhibidores enzimáticos para evitar el pardeamiento.	15

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

2.2 Marco teórico

2.2.1 *Banano orito (Musa Acuminata AA)*



Figura 1-2: Banano orito (*Musa Acuminata AA*)

Fuente: El Productor, 2018.

El orito es una variante más pequeña del banano, mide aproximadamente 12 cm, de sabor más dulce que los otros tipos de banano, su producción se da durante todo el año, y cuando está maduro posee la piel amarilla, de pulpa blanca, cremosa y de alta consistencia (Valencia, 2012, pp. 16-17).

El banano orito se encuentra en racimos, tiene forma de cilindro, en cada racimo se encuentra de 6 o 11 manos y entre 107 a 286 dedos dependiendo del espesor del fruto, el peso de un racimo oscila entre 26 – 41 libras. La característica principal del orito es el sabor dulce que presenta, esto se debe al genoma *Musa Acuminata* y se diferencia a las demás variedades de banano por contener

más almidones, de tamaño pequeño con extremos redondeados, y muy aromático cuando alcanza la madurez.

2.2.2 Origen de banano orito

El banano orito (*Musa Acuminata AA*) tuvo su origen en la península de Malasia y algunos países del suroeste asiático como India, China y Filipinas, pues de allí se ha difundido por el resto del mundo, y hoy en día se cultiva en países de zonas tropical y subtropical, de manera particular en Ecuador, Colombia, Venezuela y México (Mantilla, 2015, p.10; Ponce, 2013, p. 13).

Según Robinson (2006) menciona que es originario en el Sudeste de Asia, particularmente en Malasia, Filipinas e Indonesia y hasta la actualidad existe el cultivo de este fruto; según algunas investigaciones realizadas estiman que a partir del año 1516 comenzaron con la siembra de banano orito en Santo Domingo que actualmente es la República Dominicana.

2.2.3 Descripción taxonómica de banano orito

En la tabla 2-2 se puede observar la descripción taxonómica del banano orito:

Tabla 2-2: Descripción taxonómica del banano orito

Nombre científico:	<i>Musa Acuminata AA</i>
Nombre comunes:	Guineo orito, banano enano, baby banano, orito.
Reino:	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Monocotiledónea
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musáceae
Género:	<i>Musa</i>
Especie:	<i>Acuminata AA</i>

Fuente: (Roldán, 2002; citado en Salazar, 2017: p. 11)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

2.2.4 Características físicas y análisis proximal de banano orito

De acuerdo a algunos autores se tiene ciertos valores referenciales de las características físicas de banano orito, tales como: la longitud, calibre y peso, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Valores de referencia para las características físicas de orito

Parámetros	Intervalo			Unidad
Calibre	36 - 40	31 - 38	31 - 35	Mm
Longitud	4 - 5,9	3,8 -5,4	3,5 -5,5	Plg
Peso	≥ 75	85	78	G

Fuente: (BABY, bananas. AZU; INIAP, 2003; SERCOP, 2018).

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

A continuación, en la tabla 4-2 se indican los valores de referencia del análisis proximal para banano orito, puesto que la materia prima a procesar debe cumplir con los parámetros establecidos:

Tabla 4-2: Valores referenciales del análisis proximal para banano orito

Parámetros	Valor	Unidades
Humedad	72,497	%
pH	5,56	-
Sólidos totales	22,748	%
Ceniza	0,728	%
Grasas	-	-
Proteína	-	-
Fibra	-	-

Fuente: (Valencia, 2012, pp. 84-85)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

2.2.5 Valor nutricional de banano orito

En su mayoría, el orito es consumido por los niños ya que contiene un excelente valor nutricional en carbohidratos, vitaminas A, C y B6, fibra y potasio, considerado como complemento ideal en la alimentación y como fuente de energía. Este fruto es consumido en fresco como postre pero también suelen preparar en sus diferentes formas así como el horneado, sauté, asado en la parrilla o ensaladas (Ponce, 2013, p. 16).

Tabla 5-2: Composición nutricional en 100 g de porción de banano orito

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	68,9
Energía	Kcal	111
Proteína	G	1
Extracto etéreo	G	0,2
Carbohidratos totales	G	29,2
Fibra	G	0,6

Ceniza	G	0,5
Calcio	Mg	6
Fósforo	Mg	21
Hierro	Mg	0,7
Caroteno	Mg	0,3
Tiamina	Mg	0,02
Riboflavina	Mg	0,03
Niacina	Mg	0,57
Ácido ascórbico	Mg	16

Fuente: (Moyota, 2017; citado en Estrada, 2018: pp. 3-4)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

2.2.6 *Beneficios que brinda banano orito*

Por ser un fruto altamente nutritivo presenta múltiples beneficios tanto para la salud humana como animal, a continuación, se describe:

- Estimula la inmunidad y ayuda a prevenir el estreñimiento.
- Ayuda a mantener una flora intestinal y colon saludable.
- Disminuye el riesgo de un derrame cerebral.
- Aumenta la absorción intestinal del calcio.
- Previene calambres al consumir antes de realizar cualquier tipo de ejercicio físico por ser un fruto rico en potasio, lo cual hace que esta fruta sea ideal para las personas que se encuentran en constante actividad, ancianos, niños y en general (Ponce, 2013, p. 16).
- Reduce el nivel de colesterol.
- Actúa como desintoxicante y purificadora.
- Por contener vitamina B6 ayuda a la reconstrucción para la formación de nuevos tejidos y glóbulos rojos.
- Su consumo se recomienda de manera particular a personas que sufren de alcoholismo, para quienes están bajo tratamientos de hemodiálisis y para los que tienen anemia crónica.

2.2.7 *Valor nutricional de banano orito*

En su mayoría, el orito es consumido por los niños ya que contiene un excelente valor nutricional en carbohidratos, vitaminas A, C y B6, fibra y potasio, considerado como complemento ideal en la alimentación y como fuente de energía. Este fruto es consumido en fresco como postre pero también suelen preparar en sus diferentes formas así como el horneado, sauté, asado en la parrilla o ensaladas (Ponce, 2013, p. 16).

Tabla 6-2: Composición nutricional en 100 g de porción de banano orito

Parámetros	Unidad	Valor
Humedad	%	68,9
Energía	Kcal	111
Proteína	g	1
Extracto etéreo	g	0,2
Carbohidratos totales	g	29,2
Fibra	g	0,6
Ceniza	g	0,5
Calcio	mg	6
Fósforo	mg	21
Hierro	mg	0,7
Caroteno	mg	0,3
Tiamina	mg	0,02
Riboflavina	mg	0,03
Niacina	mg	0,57
Ácido ascórbico	mg	16

Fuente: (Moyota, 2017; citado en Estrada, 2018: pp. 3-4)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

2.2.8 Producción de banano orito en el Ecuador

Ecuador por ser un país mega diverso y por presentar varios climas excepcionales se considera pionero en la producción y exportación de banano, siendo el orito una de las diversidades en el comercio mundial ya que la demanda tanto en el mercado interno como en el internacional en la actualidad está alcanzando una gran aceptación, esto gracias al desarrollo de plantaciones y un sistema productivo sostenible (Mantilla, 2015, p.12).

Conforme a los datos registrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018 indica que el orito (fruta fresca) en el año 2018 se ha producido 15729 Tm y de los cuales se ha vendido 14475 Tm esto proveniente de productores independientes, mientras que 2616 Tm de los productores asociados y de los cuales se han vendido 2488 Tm.

En las últimas décadas, las exportaciones de orito se han incrementado paulatinamente, gracias a la creciente demanda que proviene principalmente de Europa seguido de Estados Unidos y luego a Japón, sin embargo, los precios internacionales de orito son competitivos para el Ecuador.

El banano orito es un fruto de suma importancia para miles de familias ecuatorianas ya que gracias a esta actividad agrícola permite el sustento de la economía de sus hogares, además por tratarse

de una fruta que contiene un excelente valor nutricional en carbohidratos, vitaminas A, C y B6, fibra y potasio existe mayor comercialización en los mercados nacionales e internacionales, el cual en la actualidad se ha convertido en un importante cultivo mercantil para la exportación, permitiendo así la reactivación de la economía sobre todo de los pequeños y medianos productores (Estrada, 2018, p.3). En la actualidad, Ecuador tiene dos zonas más importantes de producción de orito, básicamente se centra en Bucay en la provincia de Chimborazo y la Maná en la provincia de Cotopaxi.

2.2.9 Harina de banano orito

La harina de orito es un producto 100% natural, obtenido a partir del orito (*Musa Acuminata AA*) mediante una serie de operaciones y procesos unitarios. Posee un gran valor nutritivo por contener carbohidratos, sales minerales (calcio, potasio, fósforo, hierro, etc.) y vitaminas, es por ello que recomiendan utilizar en la dieta, con el fin de mantener una alimentación saludable especialmente de niños, adultos y personas que sufren de desnutrición.

- Insumos y aditivos necesarios para la elaboración de harina de orito

Ácido cítrico: es un ácido orgánico tricarbóxico que se encuentra presente de forma natural en la mayoría de frutas y verduras, particularmente en cítricos como el limón, limas y naranja. Presenta un pH débil que oscila entre 3-6 (ChemicalSafetyFacts.org, 2020).

Generalmente el ácido cítrico es utilizado como aditivo alimentario y su uso radica como saborizante natural y conservador, además también es empleado en el área de cosméticos, para fines médicos el cual es usado como antioxidante y en productos de limpieza.

Ácido ascórbico: también conocido como vitamina C, es un ácido orgánico que comúnmente se encuentra presente en las plantas y en los alimentos, como cítricos, tomates y hortalizas verdes. Presenta las siguientes características: puede encontrarse en forma de polvo o cristales, de color blanco-amarillento, soluble en agua y actúa como antioxidante (ChemicalSafetyFacts.org, 2020).

El ácido ascórbico al actuar como antioxidante evita el daño celular ocasionado por los radicales libres, conservante químico para alimentos y nutriente o suplemento en la dieta.

En el presente proyecto tanto el ácido cítrico así como el ascórbico es utilizado para evitar el pardeamiento enzimático de los oritos, es decir previene que los oritos adquieran un color café o marrón.

2.2.10 Operaciones unitarias para la elaboración de harina de orito

Para la elaboración de harina de orito se requiere de una serie de operaciones y procesos unitarios, a continuación, se describe cada uno de ellos:

Recepción y selección de materia prima: permite la verificación del fruto, es decir se realiza una breve inspección de las características de la materia prima de manera especial el grado de madurez que se ve reflejado en el color, garantizando así la calidad del fruto a ser procesado. En este caso recomiendan emplear con un grado de madurez de 2 (verde claro), ideal para el proceso.

Lavado: el vehículo principal para esta operación es el agua, ya que este recurso permite la eliminación de material extraño adherido al fruto, así también de la flora microbiana presente, para lo cual es necesario emplear desinfectantes, así como el hipoclorito de sodio a concentraciones adecuadas de manera que garantice la inocuidad del fruto.

Pelado: consiste en quitarle la piel o cáscara que recubre el banano orito, obteniendo únicamente la parte amarilla. Puede llevarse a cabo de forma manual mediante la ayuda de cuchillos o de forma mecánica con la ayuda de algún equipo específico para este proceso.

Pesado: permite llevar un control de calidad adecuado, de manera que permita determinar el rendimiento del proceso y realizar los respectivos balances de masa.

Rebanado: consiste en realizar cortes en rodajas de espesor que varíe entre 2-4 mm, de modo que facilite el secado.

Inmersión: operación que se fundamenta en colocar los cortes de orito realizados en la etapa anterior en las soluciones de ácido cítrico (0,25%), ácido ascórbico (0,1%) y puede realizarse una combinación de las dos soluciones (50:50) durante un tiempo de 10 min.

Secado: es aquella operación unitaria cuya función principal es eliminar la humedad que contienen los oritos rebanados, lo cual permite prolongar el tiempo de vida útil, mantener la estabilidad y sabor, por tratarse de alimentos debe alcanzar una humedad óptima del 12%.

Molienda y tamizado: habiendo obtenido los cortes de oritos secos se realiza la molienda mediante la ayuda de un molino sea este casero e industrial, posteriormente la harina obtenida debe pasar por un tamiz de manera que permita conseguir un producto homogéneo.

Envasado y almacenamiento: una vez conseguido la harina de orito se procede a envasar en fundas de polietileno y este debe ser sellado herméticamente a fin de evitar que penetre humedad.

2.2.10.1 Secado de alimentos

El secado es muy importante en la mayoría de las industrias, generalmente es aplicado casi al final de la línea de producción. Esta operación permite eliminar parcial o totalmente la humedad que presenta un sólido húmedo mediante evaporación, esta acción implica transferencia de masa y energía de manera simultánea (Geankoplis, 1998, p. 579).

2.2.10.2 Curvas de secado

Son aquellas curvas que se grafican a partir de datos experimentales obtenidos cuando se efectúa el proceso de secado, lo cual brinda información sobre la velocidad de secado de ciertos materiales sólidos.

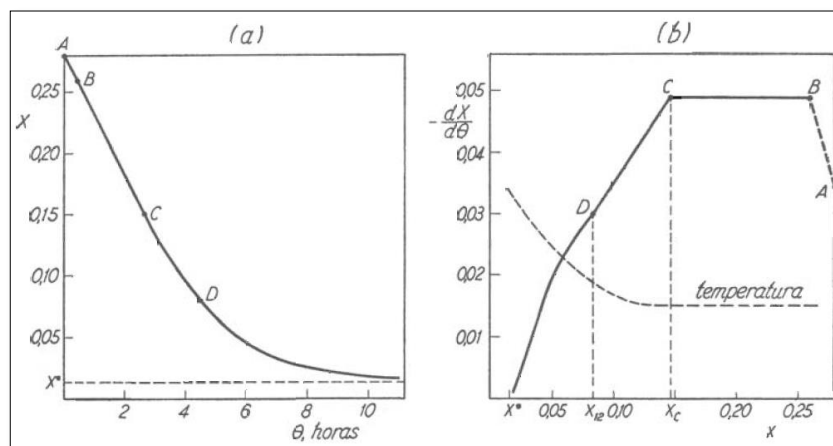


Figura 2-2: Curvas de secado en condiciones constantes

Fuente: (Ocón y Vian, 1976: p. 485).

2.2.10.3 Períodos de secado

El proceso de secado contempla 3 períodos muy importantes, a continuación, se describe cada uno de ellos:

Período de estabilización A-B: se caracteriza porque las condiciones de la superficie del sólido alcanzan el equilibrio con las del aire de secado.

Período de velocidad constante B-C: en este período la superficie del sólido se mantiene de agua saturada líquida, ya que se da la migración del agua desde el interior del sólido hacia la superficie, en el que ocurre el desplazamiento del vapor de agua desde la superficie saturada a través de una delgada capa de aires estático hasta la corriente de aire principal. Durante esta etapa la velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transmisión de calor, de modo que la temperatura de la superficie de secado permanece constante. Se caracteriza porque la velocidad de secado es independiente del contenido de humedad.

Período de velocidad decreciente C-D: durante este período la velocidad de secado empieza a descender, efecto que ocurre cuando la velocidad de desplazamiento del agua desde el interior del producto hasta la superficie disminuye, en el cual la superficie empieza a secarse por completo. Este punto es conocido como humedad o punto crítico (McCabe et al, 1998: p. 835).

2.2.10.4 Humedad

La humedad de un sólido hace referencia al contenido de agua que está presente en dicho sólido. Puede expresarse de dos formas: contenido de humedad en base húmeda y en base seca. Para realizar los cálculos de secado se recomienda utilizar la humedad en base seca, ya que se mantiene constante durante el proceso de secado, a continuación, se establece las ecuaciones respectivas:

- Humedad en base seca

$$X_{BS} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}}$$

Donde:

X_{BS} : Humedad en base seca.

P_{SH} : Peso del sólido húmedo.

P_{SS} : Peso del sólido seco.

- Humedad en base húmeda

$$X_{BH} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SH}}$$

2.2.10.5 Cinética de secado

La velocidad de secado se define como la pérdida de humedad del sólido húmedo en función del tiempo, y de modo más exacto por el cociente diferencial ($-dX/d\theta$). Dichos ensayos se efectúan

en condiciones constantes de secado: las condiciones del aire (presión, temperatura, humedad y velocidad) se mantienen constantes con el tiempo y suelen variar muy poco desde el inicio hasta el final (Ocón y Vian, 1976: p.501). A continuación, se establece la ecuación correspondiente:

$$W = \frac{S}{A} * \left(-\frac{\Delta X}{\Delta \theta}\right)$$

Dónde:

W : Velocidad de secado, (Kg/h.m²).

S : Peso del sólido seco, (Kg).

A : Área de superficie expuesta, (m²).

ΔX : Variación de humedad.

$\Delta \theta$: Variación de tiempo, (h).

- Variación de humedad (ΔX)

$$\Delta X = X_n - X_{n-1}$$

Dónde:

X_n : Valor de humedad.

X_{n-1} : Valor de humedad anterior.

- Variación de tiempo ($\Delta \theta$)

$$\Delta \theta = \theta_n - \theta_{n-1}$$

Dónde:

θ_n : Tiempo, (h).

θ_{n-1} : Tiempo

- Duración de secado en condiciones constantes

Para determinar el tiempo que se demora en secarse cierto material sólido húmedo se utiliza las siguientes ecuaciones:

- **Período antecrítico:** en este período la velocidad de secado permanece constante.

$$\theta_a = \frac{S}{A} * \left(\frac{X_1 - X_2}{W_c}\right)$$

Dónde:

θ_a : Tiempo ante-crítico, (h).

S : Peso de sólido deshidratado, (kg de sólido seco).

A : Superficie expuesta, (m²).

X_1 : Humedad inicial, (Kg H₂O/ Kg SS).

X_2 : Humedad crítica, (Kg H₂O/Kg SS).

W_c : Velocidad ante-crítica, (Kg/h.m²).

➤ **Período post-crítico:** en este período la velocidad decrece.

$$\theta_p = \frac{S}{A} * \left(\frac{X_1 - X_2}{W_1 - W_2} \right) \ln \frac{W_1}{W_2}$$

Dónde:

W_1 : Velocidad de secado para la humedad X_1 , (Kg/h.m²).

W_2 : Velocidad de secado para la humedad X_2 , (Kg/h.m²).

➤ **Tiempo total de secado**

$$\theta_T = \theta_a + \theta_p$$

Dónde:

θ_T : Tiempo total de secado, (h).

θ_a : Tiempo ante-crítico, (h).

θ_p : Tiempo post-crítico, (h).

2.2.10.6 Tipos de secadores

En la actualidad, existen una gran variedad de equipos de secado, entre ellos se tiene:

➤ **Secador de bandejas**

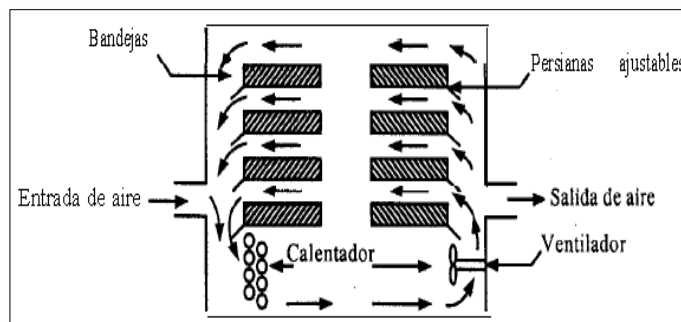


Figura 3-2: Secador de bandejas

Fuente: (Geankoplis, 1998, p. 580)

Consta de una serie de bandejas las cuales se pueden cargar y descargar, el material a secarse se coloca de manera uniforme sobre las bandejas, cuyo material es por lo general de acero inoxidable. El calor es suministrado por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire (Geankoplis, 1998, p. 580).

➤ **Secador al vacío**



Figura 4-2: Secador al vacío
Fuente: (DirectIndustry, 2018)

En este tipo de secadores el calor es suministrado de forma indirecta por contacto con una pared metálica o por radiación, son similares a los que operan por lotes. Consta de un gabinete construido a base de hierro colado o plancha de acero con puertas herméticas, de modo que se pueda operar al vacío; el material a secarse se coloca en las bandejas y estas sobre los anaqueles huecos. Utilizados especialmente para materiales costosos o sensibles a la temperatura o a su vez que se oxiden de forma fácil (Geankoplis, 1998, p. 581).

➤ **Secadores continuos de túnel**



Figura 5-2: Secador de túnel
Fuente: (DirectIndustry, 2018)

Consta de compartimentos de bandeja o de carretillas que operan en serie, el material a secarse se coloca sobre las bandejas o en carretillas, las mismas que se desplazan de forma continua por un túnel con gases calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja. El flujo de aire caliente puede ser suministrado a contracorriente, en paralelo, o a su vez una combinación de ambos.

➤ **Secadores rotatorios**



Figura 6-2: Secador rotatorio

Fuente: (COWDIN S.A., 2016)

Consta de un cilindro hueco que gira por lo general sobre su eje, con una ligera inclinación hacia la salida. El calentamiento ocurre por contacto directo a través de gases calientes mediante un flujo a contracorriente o por contacto indirecto a través de la pared calentada del cilindro. Según (Geankoplis, 1998, p. 582) indica que los sólidos granulares húmedos se alimentan por la parte superior y se desplazan hacia adelante con lentitud y una distancia corta antes de caer a través de los gases calientes.

➤ **Secadores de tambor**



Figura 7-2: Secador de tambor

Fuente: (Member of the Siempelkamp Group, 2019).

Consta de un tambor de metal calentado, en la parte exterior se evapora una capa delgada de un líquido o una suspensión hasta que se seca y el finalmente el sólido seco se le raspa al tambor que gira lentamente. Utilizados con más frecuencia para procesar suspensiones o pastas de sólidos finos y soluciones verdaderas.

➤ **Secadores por aspersion**



Figura 8-2: Secador por aspersion

Fuente: (UNAM, 2017).

A este tipo de secadores se alimenta un líquido o una suspensión la misma que se atomiza o se rolea en una corriente de gas caliente para la obtención de una lluvia de gotas finas. El agua se evapora de dichas gotas de forma rápida, obteniendo así partículas secas de sólido que se separan de la corriente de gas. El flujo de gas y de líquido de la cámara de aspersion puede ser suministrado a contracorriente, en paralelo o la combinación de ambos (Geankoplis, 1998, p. 583).

➤ **Secador de cosechas y granos**



Figura 9-2: Secador de granos

Fuente: (Mesquida, 2020).

Generalmente los granos de cosecha contienen aproximadamente entre el 30 – 35% de humedad y para poder conservar y almacenarlo durante todo el año deben alcanzar una humedad del 12 – 13% en peso. Una corriente de aire (sin calentar) en la sección del fondo, enfría los granos secos antes de la salida.

2.2.10.7 Molienda

Es la operación unitaria que permite reducir el tamaño de partículas sólidas a más pequeñas, es así que en la industria alimenticia gran número de productos alimenticios se somete a este proceso. Para cumplir este objetivo es importante la intervención de equipos de molienda, comúnmente conocido como molinos, los cuales mediante la acción mecánica permite reducir el tamaño de las partículas (McCabe et al, 1998: p. 890). Por lo general los productos obtenidos por la operación de molienda presentan las características siguientes:

- Incluye una mezcla de partículas, con tamaño variable desde partículas gruesas hasta más finas.
- Al alimentar materia prima homogénea, es decir hace referencia al tamaño de partículas y estructura física y química resulta un producto con partículas bastante uniformes, caso contrario sucede cuando el material es de tamaño variable y por tanto podría variar de manera significativa.

➤ Equipos utilizados para la molienda

Básicamente los equipos empleados para reducir el tamaño de las partículas a polvo se conoce como molinos, entre los más importantes se tienen los siguientes:

- **Molinos de martillos e impactadores**



Figura 10-2: Molino de martillos

Fuente: (Alibaba, 2020).

Este tipo de molinos se caracterizan por disponer de un rotor que gira a elevadas velocidades en la parte interna de una carcasa cilíndrica, por lo general el eje es se sitúa de forma horizontal. La alimentación ingresa por la parte superior de la carcasa y mediante la acción de una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor que el material se fracciona y cae por medio de una abertura ubicada en el fondo, obteniéndose un producto más o menos uniforme (McCabe et al, 1998: p. 907).

Un molino de martillo con reducción de tamaño intermedio proporciona un producto con un tamaño de partículas de 1 pulg (25 mm) a 20 mallas y por lo general suelen emplear para productos de cualquier naturaleza ya sea cuando se disponga de sólidos fibrosos como cortezas o cueros, virutas de acero, pastas blandas y húmedas, arcilla plástica o una roca dura. En su mayoría los molinos comerciales poseen capacidades para tratar de 100 a 400 lb de material sólido por caballo – hora (60 a 240 kg/kWh) de energía consumida (McCabe et al, 1998: p. 907).

- **Molinos de frotación**

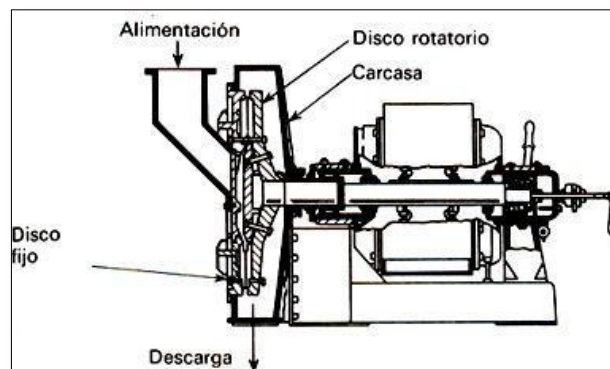


Figura 11-2: Molino de frotación

Fuente: (Ramos, 2012).

Este equipo está constituido por unos discos circulares rotatorios, estos al accionar con el material sólido blando genera fricción entre las caras planas estriadas, logrando alcanzar la operación de molienda de este tipo de productos. El eje del disco que posee este tipo de molinos con más frecuencia se encuentra de forma horizontal, pero también puede localizarse verticalmente en algunos casos. La alimentación ingresa por medio de una abertura ubicada en el centro de uno de los discos y logra salir a través de la separación entre los discos y descarga por la periferia en una carcasa estacionaria (McCabe et al, 1998: p. 909).

La mayoría de molinos de frotación tienen una capacidad para tratar de 1/2 a 8 toneladas/h para brindar productos que pasan a través de un tamiz de 200 mallas; y el consumo de energía depende

del tipo de material sólido y del grado de reducción logrado, pudiendo encontrarse en un intervalo entre 10 y 100 CV-h (8 – 80 kWh) por toneladas de producto.

- **Molinos de volteo**

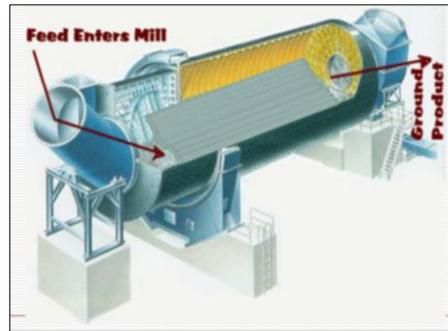


Figura 12-2: Molino de volteo

Fuente: (Slideplayer, s.f.).

Los molinos de volteo son similares a los de volteo típico, constituido por una carcasa cilíndrica la cual gira de manera lenta alrededor de un eje horizontal y está al ser alimentada con la mitad de su capacidad son elevadas por la carcasa hasta cerca de la parte superior, desde donde caen sobre las partículas ubicadas en la parte inferior de la misma, dando lugar a la obtención del producto esperado. La molienda en este tipo de equipos puede llevarse a cabo de forma continua o discontinua.

- **Molinos ultrafinos**



Figura 13-2: Molino ultrafino SCM

Fuente: (SHIBANG MACHINERY, 2020).

Equipo utilizado para la obtención de un producto extrafino, es decir para que genere partículas con un tamaño que oscile entre 1 y 20 μm y que todas las partículas pasen a través de un tamiz estándar de 325 mallas, cuya anchura de las aberturas es de 44 μm .

- **Molinos de martillo**



Figura 14-2: Molino de martillo

Fuente: (Interempresas, s.f).

Es un equipo tipo molino de impacto o percusión con capacidad para procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, utilizados para llevar a cabo partículas gruesas como minerales, productos alimenticios, fertilizantes y productos químicos, además también es empleado con frecuencia previo a los procesos de molienda fina con el objetivo de incrementar la capacidad y proteger del desgaste los molinos secundarios (Bermeo, s.f).

- **Molinos agitados**



Figura 15-2: Molino agitado

Fuente: (Union Process, s.f).

Son aquellos molinos que están constituidos por recipientes verticales con capacidad de 1 a 300 galones, se encuentran llenos con un líquido en el que se localiza suspendido el medio de molienda.

Consumo de energía

Por lo general en la operación de reducción de tamaño se consumen grandes cantidades de energía, de manera especial en las industrias de cemento, rocas, molienda de carbón y pizarras, por lo que consideran que entre un 99% de este recurso es utilizado en la operación del equipo, generando calor y ruido no requeridos, resultando que menos del 1% para la creación de nueva superficie. Cabe destacar que el consumo es más alto cuando se trata material sólido de tamaños muy finos, mientras que menos cuando se tratan partículas relativamente gruesas.

2.2.10.8 Tamizado



Figura 16-2: Tamizado

Fuente: (Russell, 2020).

Operación unitaria cuyo objetivo principal es la separación de las distintas fracciones que componen un sólido granular o pulverulento que contienen partículas de diferente tamaño, siendo necesario el uso de tamices los mismos que se caracterizan por disponer superficies de pequeños agujeros y mediante el movimiento en vaivén o giratorias las partículas logran pasar por dichas aberturas, alcanzando así un producto de granulometría definida (Ocón y Vian, 1976: p.318). Generalmente se obtiene dos tipos de productos tales como: fracción gruesa y fracción fina y suele ser de mayor importancia en la industria química.

- **Tamices**

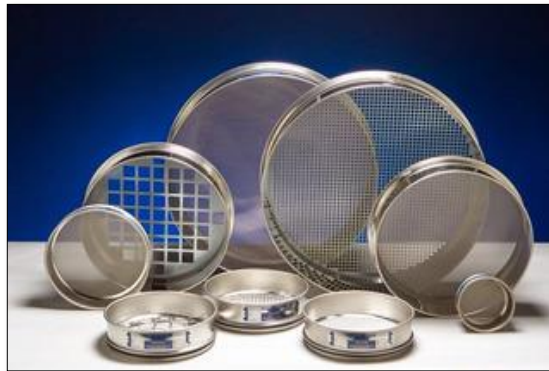


Figura 17-2: Tamices

Fuente: (Mercado libre Perú, 2020).

Los tamices son elementos que tienen una superficie con perforaciones uniformes conocidas como abertura de malla, por donde pasará parte de las partículas y la parte restante será retenida por él. Cabe resaltar que en la parte superior se ubica el tamiz con la mayor abertura y es en donde se agrega la muestra a tamizar (García et al, 2009: p. 2). Las aperturas del tamiz suelen oscilar desde 0,025 mm hasta 38 mm que pueden presentarse con perforaciones redondas o cuadradas.

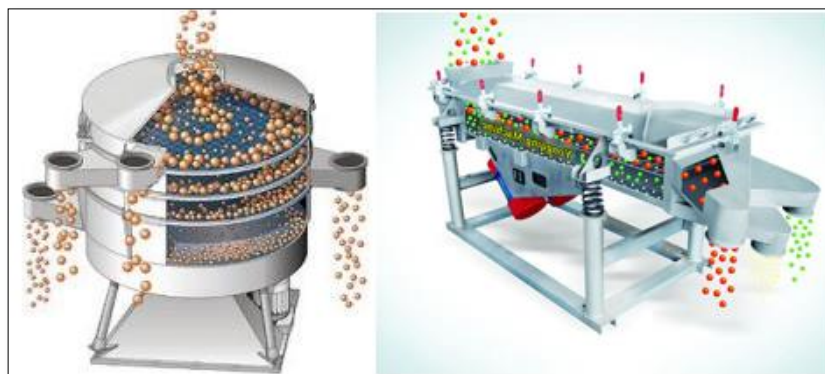


Figura 18-2: Tamices industriales

Fuente: (Xinxiang Shengxing Material Trading Co., Ltd., 2020).

Comúnmente para no tener inconvenientes durante la operación de tamizado suelen efectuarse mediante fuerzas giratorias o vibratorias, de manera que permita que el material más fino logre atravesar el tamiz.

- **Determinación de la cantidad de muestra en cada tamiz**

Con el objetivo de determinar la cantidad exacta de material retenido en cada tamiz se calcula mediante el promedio de los tamaños mínimo y máximo de dicho tamiz, mediante la siguiente expresión:

$$D_n = \frac{t_{n\text{mín}} + t_{n\text{máx}}}{2}$$

Dónde:

D_n : Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz “n”.

$t_{n\text{mín}}$: Apertura de malla del tamiz “n”

$t_{n\text{máx}}$: Apertura de malla del tamiz “n-1”

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

El diseño de un proceso industrial para la obtención de harina a partir del orito para la asociación “ASOPROTABF” es un proyecto de tipo técnico, el cual se sustenta en fuentes bibliográficas e información pertinente, métodos como deductivo, inductivo y experimental, permitiendo desarrollar el diseño correspondiente conforme a la necesidad de los asociados.

3.2 Métodos y Técnicas

El desarrollo del presente proyecto se basó en métodos deductivo, inductivo y experimental, de manera que permita alcanzar con los objetivos planteados.

3.2.1 *Métodos*

➤ **Método deductivo**

Método lógico que permite realizar estudios desde lo general para aplicar en casos específicos, es así que, en el presente proyecto se sustenta en la obtención de harina de orito a nivel de laboratorio empleando tres temperaturas diferentes y variando la concentración de las soluciones de ácido cítrico, ascórbico y la combinación de las dos para realizar el proceso de secado, logrando conseguir la temperatura y concentración más idónea para llevarlo a escala piloto. Adicional a ello el producto final debe cumplir con los requisitos que establece la norma NTE INEN 616: 2015. Harina de trigo. Requisitos, ya que no existe una norma específica para este tipo de productos.

➤ **Método inductivo**

Es aquel método científico que inicia de una observación de hechos particulares para llegar a una conclusión general, pues en base a ello se pudo cuantificar las características físico-químicas, organolépticas y nutricionales de la materia prima conforme a la norma NTE/INEN –Codex 192:2013, ya que el producto final depende de la calidad de orito, permitiendo así examinar minuciosamente todos los elementos que conforman el sistema.

➤ **Método experimental**

El método experimental es la base de toda investigación ya que permite efectuar ensayos a nivel de laboratorio utilizando diversas técnicas de referencia, así como también el requerimiento de equipos y materiales necesarios para su desarrollo, lo cual permite realizar el diseño de forma adecuada conforme a las necesidades de la asociación.

3.2.2 Técnicas

Para la elaboración de harina a partir de orito se emplearon varias técnicas establecidas por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC) es una norma internacional, la cual rige los parámetros de calidad de un producto así también de la materia prima y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN. Cabe mencionar que en Ecuador actualmente no existe una norma específica para la elaboración de harina de orito, razón por el cual se tomará como referente la norma NTE INEN 616:2015. Harina de trigo. Requisitos.

La caracterización de la materia prima se sustenta en las normas siguientes:

- AOAC 977.11. Determinación de humedad.
- AOAC 955.04. Determinación de proteína, método Kjeldahl.
- AOAC 942.05. Determinación de ceniza.
- AOAC 920.39. Determinación de grasa.
- AOAC 962.09. Determinación de fibra

Tabla 1-3: Determinación de las características físicas de banano orito

Parámetros	Observación
Color	Verde claro, nivel 2 de maduración.
Olor	Característico a banano orito.
Tamaño (Longitud y diámetro)	Empleando un calibrador o pie de rey se midió el diámetro y longitud que de cada muestra de orito.
Peso	Utilizando una balanza analítica se pesaron las muestras de orito de forma individual.
Forma	Visualmente se evaluó la forma de banano orito, cuya característica principal es de extremos redondeados, de forma cilíndrica.
Presencia de magulladuras, golpes o daños.	Ausencia de golpes, daños y magulladuras, completamente en buen estado y aptos para ser procesados.

Fuente: Propia.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 2-3: Determinación de pH

Fundamento	Determina el grado de acidez o alcalinidad del fruto
Método	Potenciométrico
Equipos	pH-metro
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vasos de precipitación de 250 ml. ➤ Varilla de agitación.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soluciones buffer de pH 4, 7 y de 10. ➤ Agua destilada. ➤ Muestra de orito.
Procedimiento	<p>Preparación de la muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar 10 g de muestra fresca de orito. ➤ Licuar la muestra de orito con 100 ml de agua destilada, hasta conseguir que la mezcla esté completamente homogénea. ➤ Dejar reposar durante un tiempo de 10 min. ➤ Decantar el líquido sobrenadante y colocar en un vaso de precipitación. <p>Determinación de pH:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Encender el pH-metro y asegurarse que esté calibrado. ➤ Limpiar el electrodo empleando agua destilada. ➤ Introducir el electrodo en el vaso que contiene la muestra. ➤ Presionar leer y esperar hasta que se estabilice. ➤ Anotar los resultados.
Cálculo	Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2020.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 3-3: Determinación de humedad

Fundamento	Consiste en determinar la pérdida de peso que sufre la muestra de orito al someter a una temperatura y tiempo adecuado empleando una estufa.
Método	Gravimétrico
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estufa ➤ Desecador ➤ Balanza analítica
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cápsula de porcelana ➤ Pinza
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar una cápsula limpia y vacía en la estufa a 105 °C durante 45 min. ➤ Retirar la cápsula y colocar de inmediato en el desecador por 30 min aproximadamente o hasta alcanzar a temperatura ambiente. ➤ Pesar la cápsula vacía y repetir el mismo procedimiento hasta alcanzar un peso constante. (Peso A). ➤ Colocar en la cápsula 5 g de muestra de orito. (Peso B). La muestra de orito debe estar cortado en rodajas pequeñas. ➤ Introducir la cápsula con la muestra en la estufa y dejar a una temperatura de 70 °C durante 1 h.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Habiendo transcurrido el tiempo establecido retirar la cápsula y colocar en el desecador por 30 min aprox. ➤ Pesar cuando esté frío. ➤ Realizar el mismo procedimiento por períodos de 30 min hasta que la cápsula con la muestra alcance un peso constante. (Peso C) ➤ Efectuar los cálculos correspondientes.
Cálculo	$\%H = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} * 100\%$ <p>Dónde:</p> <p>A: Peso de la cápsula tarada, (g).</p> <p>B: Peso de la cápsula tarada + la muestra húmeda de orito, (g).</p> <p>C: Peso de la cápsula + la muestra seca de orito, (g).</p> <p>Nota: se recomienda realizar por triplicado, a fin de que garantice la veracidad de los resultados.</p>

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2020.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 4-3: Determinación de sólidos totales

Fundamento	Consiste en determinar la cantidad de sólidos totales que se encuentran presente en el banano orito.
Método	Método gravimétrico. Se determina el peso tras la evaporación de la muestra y secado a peso constante a 103-105 °C.
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estufa ➤ Balanza analítica. ➤ Desecador
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cápsula de porcelana. ➤ Pinza.
Reactivos	Muestra de orito.
Procedimiento	<p>Preparación de la cápsula de evaporación</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Encender la estufa a una temperatura de 103-105 °C. ➤ Colocar la cápsula limpia en la estufa durante 1 hora. ➤ Llevar la cápsula al desecador hasta el momento de utilizar. ➤ Pesar la cápsula seca y anotar el peso (Peso A). <p>Determinación de sólidos totales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cortar el orito en rodajas pequeñas y pesar 5 g de muestra. ➤ Colocar en la cápsula tarada la muestra de orito. (Peso B) ➤ Introducir la cápsula con la muestra en la estufa a 70 °C durante 1 h. ➤ Una vez transcurrido el tiempo llevar la cápsula al desecador, hasta que se enfríe. ➤ Pesar la cápsula y anotar el resultado obtenido. ➤ Repetir el mismo procedimiento por períodos de 30 min hasta que la cápsula con la muestra mantenga el peso constante. (Peso C) ➤ Realizar los cálculos pertinentes.

Cálculo	<p>La cantidad de sólidos totales se determina mediante la siguiente ecuación:</p> $\text{sólidos totales (\%)} = \frac{(B - C)}{(A - C)} * 100\%$ <p>Dónde:</p> <p>A: Peso de la cápsula tarada, (g).</p> <p>B: Peso de la cápsula tarada + la muestra húmeda de orito, (g).</p> <p>C: Peso de la cápsula + la muestra seca de orito, (g).</p> <p>Nota: se recomienda realizar por triplicado, a fin de que garantice la veracidad de los resultados.</p>
----------------	--

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2020.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 5-3: Determinación de Ceniza

Fundamento	Las cenizas corresponden a los residuos inorgánicos que se encuentran presente en el fruto al realizar la oxidación completa de materia orgánica. La cantidad de cenizas depende de la cantidad de Na, K, P y sales minerales en la muestra.
Método	Incineración
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mufla ➤ Desecador ➤ Balanza analítica
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crisol ➤ Pinza
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar un crisol limpio y vacío en la estufa a 105 °C durante 45 min. ➤ Retirar el crisol y colocar de inmediato en el desecador por 30 min aproximadamente o hasta alcanzar a temperatura ambiente. ➤ Colocar en el crisol vacío 5 g de muestra de orito. (Peso M). La muestra de orito debe estar cortado en rodajas pequeñas. (Peso A) ➤ Introducir el crisol con la muestra en la mufla y dejar a una temperatura de 530 °C ± 20°C hasta conseguir que la materia orgánica se haya calcinado por completo, generalmente se lleva durante 3 h. ➤ Habiendo transcurrido el tiempo establecido retirar el crisol y colocar en el desecador por 30 min aprox. ➤ Pesar cuando esté frío. (Peso B) ➤ Efectuar los cálculos correspondientes.
Cálculo	$\%C = \frac{(A - B)}{M} * 100\%$ <p>Dónde:</p> <p>A: Peso del crisol + muestra húmedo de orito, (g).</p> <p>B: Peso del crisol + la muestra calcinada de orito, (g).</p> <p>M: Muestra húmeda de orito, (g).</p> <p>Nota: se recomienda realizar por triplicado, a fin de que garantice la veracidad de los resultados.</p>

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2020.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 6-3: Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. REP.

Fundamento	Los microorganismos aerobios mesófilos son aquellos microorganismos que se desarrollan en presencia de oxígeno libre y a una temperatura que oscila entre 20 - 40 °C con una zona óptima entre 30 – 40 °C. REP: es el recuento de microorganismos aerobios mesófilos por gramo o cm ³ de muestra de alimento.
Método	Incubación por a 30°C por 72 h y recuento de colonias formadas.
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Incubadora (25 – 60°C) ➤ Autoclave ➤ Refrigerador (conservar muestras de cultivo) ➤ Balanza analítica de 0,1 g de sensibilidad.
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cajas Petri ➤ Pipetas serológicas de punta ancha de 1,5 cm³ y 10 cm³ graduadas en 1/10 de unidad. ➤ Erlenmeyer de 100 cm³ con tapa de rosca autoclavable. ➤ Tubos de ensayo ➤ Gradilla
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Agar para recuento en placa. ➤ Agua peptonada al 0,1% (diluyente).
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depositar 1 cm³ de la muestra diluida en las cajas Petri. ➤ Verter 20 cm³ de agar para recuento en placa en las placas inoculadas. ➤ Mezclar el inóculo de siembra con el medio de cultivo, mediante movimientos suaves hasta alcanzar una mezcla homogénea. ➤ Dejar en reposo las placas a fin de que se solidifique el agar. ➤ Invertir las cajas e incubarlas a 30°C ± 1°C por 48 – 75 h. <p>Nota: No apilar más de 6 cajas.</p>
Cálculo	Conteo directo de las colonias formadas.

Fuente: (NTE INEN 1529-5:2006, pp. 1-5).

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 7-3: Eliminación de humedad en el secador de bandejas

Fundamento	Consiste en eliminar total o parcialmente la humedad que presenta el banano orito hasta obtener un peso constante, se realizó a temperaturas de 40, 50 y 60°C de manera que permita determinar la temperatura óptima
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Secador de bandejas eléctrico ➤ Balanza analítica
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Papel aluminio ➤ Fundas ziploc ➤ Guantes, mascarilla, cofia.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Higienizar el equipo tanto la parte interna, externa y las bandejas. ➤ Conectar el equipo a una fuente de corriente eléctrica de 220 v, encender el equipo y regular la temperatura a la cual se va a llevar a cabo el proceso de secado. ➤ Colocar papel aluminio sobre las bandejas, enumerar cada una de las bandejas y anotar.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar x g de muestra rebanado en las bandejas respectivas y registrar los pesos. ➤ Registrar los pesos de las bandejas con la muestra húmeda. ➤ Introducir las bandejas en el equipo. La temperatura debe ser la establecida. ➤ Pesar la muestra cada 20 min, y registrar los datos. ➤ Realizar el mismo procedimiento hasta alcanzar un peso constante. ➤ Registrar los pesos respectivos de las bandejas con la muestra seca. ➤ Efectuar los cálculos correspondientes.
Cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Humedad $\%H_{BS} = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}} \quad \%R = \frac{P_S}{P_H} * 100\%$ <p>Dónde:</p> <p>$\%H_{BS}$: Porcentaje de humedad en base seco, (Kg de H₂O/Kg de sólido seco)</p> <p>P_H: Peso de sólido húmedo, (kg).</p> <p>P_S: Peso de sólido seco, (Kg).</p> <p>$\%R$: Porcentaje de rendimiento, (%).</p>

Fuente: Manual de Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2019.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.3 Muestreo y caracterización de materia prima

3.3.1 Muestreo de materia prima

Previo a la caracterización se realizó el muestreo de banano orito mediante un muestreo aleatorio simple, se tomó directamente de la producción de la asociación ASOPROTABF y para ello se consideró algunas características organolépticas como: el grado de maduración en nivel 2 que corresponde a un fruto de color verde claro, tamaño y aspecto. Para realizar la caracterización de la materia prima se tomó 10 unidades de orito, estos frutos se colocaron en fundas ziploc, las cuales fueron sellados de forma adecuada garantizando la inocuidad del fruto, y posteriormente se llevó al Laboratorio para realizar los respectivos análisis.

3.3.2 Caracterización de materia prima

Mediante la caracterización de banano orito se determinó parámetros físicos (color, peso, longitud y calibre) y químicos (pH, humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra, azúcares totales, materia seca y carbohidratos). Se llevó a cabo en los laboratorios de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos (SAQMIC) de la ciudad de Riobamba y en el laboratorio de Análisis de Alimentos, Aguas y Afines (LABOLAB) esto con el propósito de verificar que la materia prima a ser procesada sea de calidad y nutricional, dichos resultados se detallan en el capítulo IV.

3.4 Ensayos a nivel de laboratorio para la obtención de harina de orito

Para definir el proceso industrial adecuado de obtención de harina de orito se realizó varios ensayos a nivel de laboratorio, pues para ello se dispuso 9 tratamientos que consiste en variar la temperatura de secado a 40, 50 y 60°C y las soluciones de inhibidores enzimáticos (ácido cítrico, ascórbico y la combinación de las dos anteriores), el cual se sustentó en procedimientos descritos en trabajos de investigación, artículos relacionados al tema, así como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8-3: Tratamiento de banano orito

N° de tratamiento	Temperatura (°C)	Inhibidor enzimático
1	40	Solución de ácido cítrico (0,25%)
2		Solución de ácido ascórbico (0,01%)
3		Mezcla de ácido cítrico y ascórbico (50:50 v/v)
4	50	Solución de ácido cítrico (0,25%)
5		Solución de ácido ascórbico (0,01%)
6		Mezcla de ácido cítrico y ascórbico (50:50 v/v)
7	60	Solución de ácido cítrico (0,25%)
8		Solución de ácido ascórbico (0,01%)
9		Mezcla de ácido cítrico y ascórbico (50:50 v/v)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.1 Requerimiento de materia prima e insumos, materiales y equipos

Previo a la descripción del proceso se requiere establecer la cantidad de materia prima e insumos con la que se va trabajar, tal como se indica en las siguientes tablas:

Tabla 9-3: Materia prima e insumos

Materia prima	Insumos
Banano orito (<i>Musa Acuminata</i> AA).	Ácido cítrico Ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 10-3: Materiales y equipos necesarios para la obtención de harina de orito

Materiales y equipos	Descripción
Mesa de selección de fruta	Permite la selección del fruto, garantizando la calidad del mismo.
Recipientes	Utilizados para el lavado de fruta y para la inmersión de orito.
Cuchillo	Empleado para pelar o quitar la cáscara que recubre el banano orito.
Balanza analítica	Permite tomar el peso de insumos necesarios para el proceso.
Secador de bandejas a gas	Utilizado para la deshidratación de las rodajas de orito.
Molino	Se requiere para realizar la operación de molienda
Tamiz	Permite obtener una harina con cierta granulometría.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.2 Descripción del proceso a nivel de laboratorio

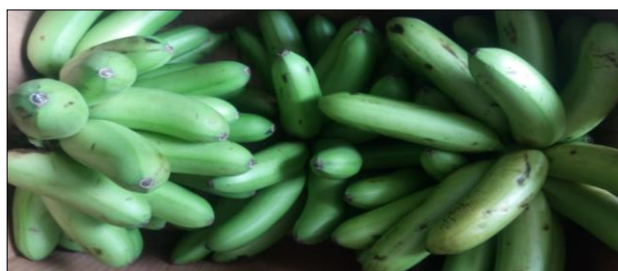
Los respectivos ensayos se efectuaron en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para lo cual se trabajó con cantidades pequeñas de materia prima hasta determinar el tratamiento más idóneo para el proceso de obtención de harina de orito con las mejores características. A continuación, se indica las formulaciones correspondientes:

Tabla 11-3: Cantidad de materia prima y aditivos utilizados para los ensayos de laboratorio

Materia prima: banano orito			
Cantidad de materia prima	Aditivos		
	Inhibidor enzimático		Cantidad (g)
500 g para todos los tratamientos.	Ácido cítrico (0,25%)		1,25
	Ácido ascórbico (0,01%)		0,05
	Mezcla de ácidos (50:50 v/v)	Ácido cítrico	0,625
		Ácido ascórbico	0,025

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.2.1 Recepción de materia prima



Fotografía 1-3: Recepción de materia prima

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

El banano orito (*Musa Acuminata AA*) utilizado como materia prima se tomó de la asociación ASOPROTABF ya que son los productores primarios de este fruto. Para este fin al productor se le dio ciertas indicaciones que debía cumplir el fruto, haciendo énfasis en el grado de madurez de nivel 2 que representa un color verde claro así también que no presente golpes, daños o magulladuras, entre otros factores importantes.

3.4.2.2 Selección de materia prima



Fotografía 2-3: Orito seleccionado

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Para seleccionar el fruto se realizó un muestreo al azar simple de los cuales se tomó 20 unidades de orito que cumplieran con lo descrito en el apartado anterior. Se verificó de forma visual, de manera que la materia prima a ser procesada sea de calidad.

3.4.2.3 Lavado de banano orito (*Musa Acuminata AA*)



Fotografía 3-3: Lavado de orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Se lavó con abundante agua potable, al cual se le adicionó hipoclorito de sodio al 50 mg/L, esto con el fin de garantizar la inocuidad de la materia prima a emplear.

3.4.2.4 Pelado de banano orito (*Musa Acuminata* AA)



Fotografía 4-3: Pelado de banano orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

El pelado se realizó de forma manual utilizando un cuchillo, con la finalidad de quitarle la cáscara que recubre la pulpa de orito, es importante llevar un control estricto de los pesos tanto de orito pelado, así como de la cáscara.

3.4.2.5 Pesaje

De inmediato se pesó la fruta pelada, esto con el fin de llevar un control de calidad lo cual más adelante permitió determinar el rendimiento de cada una de las etapas y realizar el respectivo balance de masa.

3.4.2.6 Rebanado

Utilizando un rebanador casero se cortó en rodajas o láminas de orito cuyo espesor debe oscilar entre 2 - 4 mm, valor ideal para facilitar la operación de secado, puesto que si el espesor de las láminas son más gruesos que lo establecido, el tiempo de secado será mayor.



Fotografía 5-3: Rebanado de orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.2.7 Inmersión



Fotografía 6-3: Oritos sumergidos en solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Habiendo conseguido los oritos rebanados se procedió a colocar en soluciones preparadas de ácido cítrico (0,25%) y ascórbico (0,1%) y la combinación de los dos (50:50) durante un tiempo de 10 min. El objetivo principal es evitar el pardeamiento que podrían ocasionar ciertas enzimas que se encuentran presentes en la fruta, particularmente la polifenoloxidasas clasificadas como óxido reductasas, dando lugar a una coloración café oscuro del fruto.

3.4.2.8 Secado



Fotografía 7-3: Secado de oritos

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Previo al secado, las rodajas de orito se retiraron de la solución de inmersión y se colocó en un colador. Seguidamente las rebanadas de orito se colocaron en las diferentes bandejas y se les introdujo en el secador a temperaturas de 40, 50 y 60 °C hasta conseguir un peso constante, permitiendo así determinar la temperatura óptima de secado para las rebanadas de orito y por ende

la eficiencia del proceso. La humedad que debe presentar la muestra seca de orito es aproximadamente del 12%.

3.4.2.9 Molienda

Una vez que la muestra de orito esté completamente seca se realizó la molienda, para lo cual se utilizó un molino de tornillos, obteniendo así la harina a partir de orito.



Fotografía 8-3: Molienda de orito seco

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.2.10 Tamizado

Esta operación permite determinar el tamaño de las diferentes partículas de la harina de orito, el cual consiste en hacer pasar la harina mediante una serie de tamices que van desde los más gruesos hasta los más finos de forma descendente y por medio de movimientos vibratorios y de rotación se efectúa dicha operación; una vez llevado a cabo se retiran los tamices y se procedió a tomar el peso del material retenido de cada tamiz por separado.



Fotografía 9-3: Tamizado de harina de orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.4.2.11 Empacado y almacenamiento



Fotografía 10-3: Muestras de harina de Oritos a 60°C.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Habiendo obtenido la harina de orito en las condiciones indicadas se empacó en bolsas de polietileno (ziploc), de modo que garantice su conservación. Finalmente se almacena el producto final en un lugar fresco y seco para evitar que adquiera humedad.

3.4.3 Datos experimentales de secado

Mediante los ensayos realizados se logró recolectar datos de la operación de secado de los tratamientos planteados en el epígrafe 3.4, permitiendo así determinar la humedad en base seca, tiempo de secado, velocidad de secado y la inversa de la velocidad de secado. Por otro lado, con los datos calculados se realizó las respectivas curvas de secado y humedad con la finalidad de determinar los períodos ante - crítico y post – crítico y conforme a ello seleccionar la temperatura más idónea para el secado de banana orito. A continuación, se indica los datos respectivos:

3.4.3.1 Tratamiento 1 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido cítrico)

Consiste en tratar la muestra en solución de ácido cítrico al 0,25% para evitar el pardeamiento enzimático y esta a su vez es secada a temperatura de 40°C, encontrando los siguientes datos:

Tabla 12-3: Datos experimentales a temperatura de 40°C + solución de ácido cítrico

Tiempo (h)	Muestra (Kg)	Humedad BS	Humedad Promedio	ΔX	$\Delta\theta$ (h)	W (kg/h*m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,388	2,3162	-	-	-	-	-
0,33	0,352	2,0085	2,1624	-0,3077	0,3333	2,0830	0,4801
0,67	0,332	1,8376	1,9231	-0,1709	0,3333	1,0915	0,9162
1,00	0,313	1,6752	1,7564	-0,1624	0,3333	0,9776	1,0229
1,33	0,294	1,5128	1,5940	-0,1624	0,3333	0,9182	1,0890
1,67	0,273	1,3333	1,4231	-0,1795	0,3333	0,9424	1,0611
2,00	0,261	1,2308	1,2821	-0,1026	0,3333	0,5148	1,9423
2,33	0,241	1,0598	1,1453	-0,1709	0,3333	0,7923	1,2621
2,67	0,229	0,9573	1,0085	-0,1026	0,3333	0,4517	2,2138
3,00	0,212	0,8120	0,8846	-0,1453	0,3333	0,5924	1,6880
3,33	0,197	0,6838	0,7479	-0,1282	0,3333	0,4857	2,0587
3,67	0,182	0,5556	0,6197	-0,1282	0,3333	0,4488	2,2283
4,00	0,171	0,4615	0,5085	-0,0940	0,3333	0,3092	3,2341
4,33	0,159	0,3590	0,4103	-0,1026	0,3333	0,3136	3,1884
4,67	0,149	0,2735	0,3162	-0,0855	0,3333	0,2449	4,0828
5,00	0,141	0,2051	0,2393	-0,0684	0,3333	0,1854	5,3931
5,33	0,133	0,1368	0,1709	-0,0684	0,3333	0,1749	5,7175
5,67	0,128	0,0940	0,1154	-0,0427	0,3333	0,1052	9,5053
6,00	0,123	0,0513	0,0726	-0,0427	0,3333	0,1011	9,8917
6,33	0,120	0,0256	0,0385	-0,0256	0,3333	0,0592	16,8983
6,67	0,119	0,0171	0,0214	-0,0085	0,3333	0,0196	51,1209
7,00	0,118	0,0085	0,0128	-0,0085	0,3333	0,0194	51,5542
7,33	0,117	0,0000	0,0043	-0,0085	0,3333	0,0192	51,9948

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

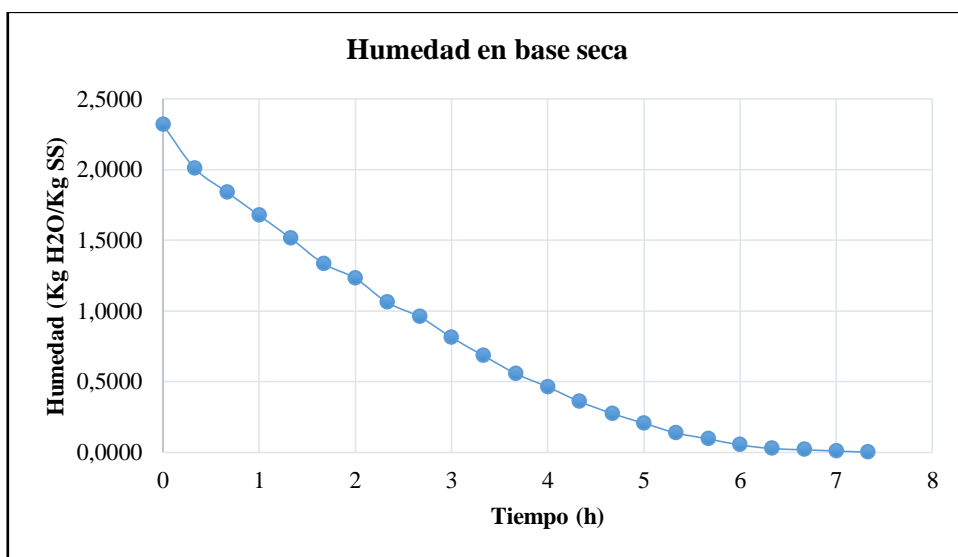


Gráfico 1-3: Curva de humedad vs tiempo de secado a 40°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En el gráfico 1-3, se visualiza que la humedad de la muestra de orito disminuye de forma gradual, constante y casi lineal durante las primeras horas y llega a un punto de inflexión en el que ya no pierde masa, dando lugar a la formación de una región asintótica en la curva hasta alcanzar el punto de equilibrio.

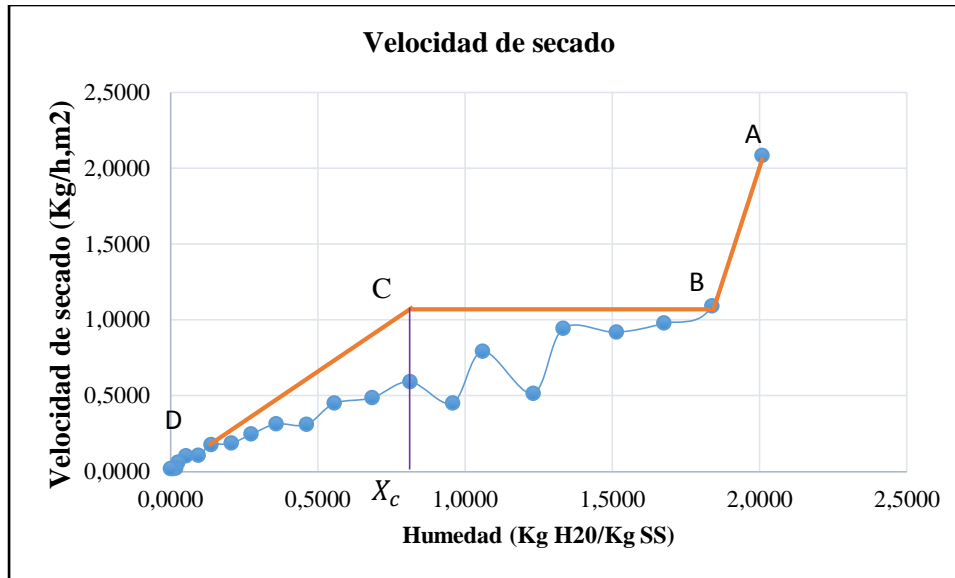


Gráfico 2-3: Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 2-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,8152 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,0869 kg/h.m2.

- **Tiempo período ante-crítico**

Los datos obtenidos del gráfico 2-3 permiten calcular el período ante-crítico, mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

$$\theta_a = \frac{0,117}{0,156} \left(\frac{2,3162 - 0,8152}{1,0869} \right) = 1,04 \text{ h}$$

Dónde:

θ_a : Tiempo ante-crítico, (h).

S: Peso experimental de sólido seco, (kg).

A: Área o superficie expuesta, (m²).

X_i : Humedad inicial, (kg H2O/kg SS).

X_c : Humedad crítica, (kg H2O/kg SS).

W_c : Velocidad de secado crítica, (kg/h.m2).

- **Tiempo período post-crítico**

La determinación del período post-crítico de secado se realiza mediante la integración gráfica de la siguiente expresión matemática:

$$\theta_p = \frac{S}{A} \int_{X_c}^{X_f} \frac{dX}{dW}$$

Para determinar el período post-crítico se emplea la gráfica 1/W vs X:

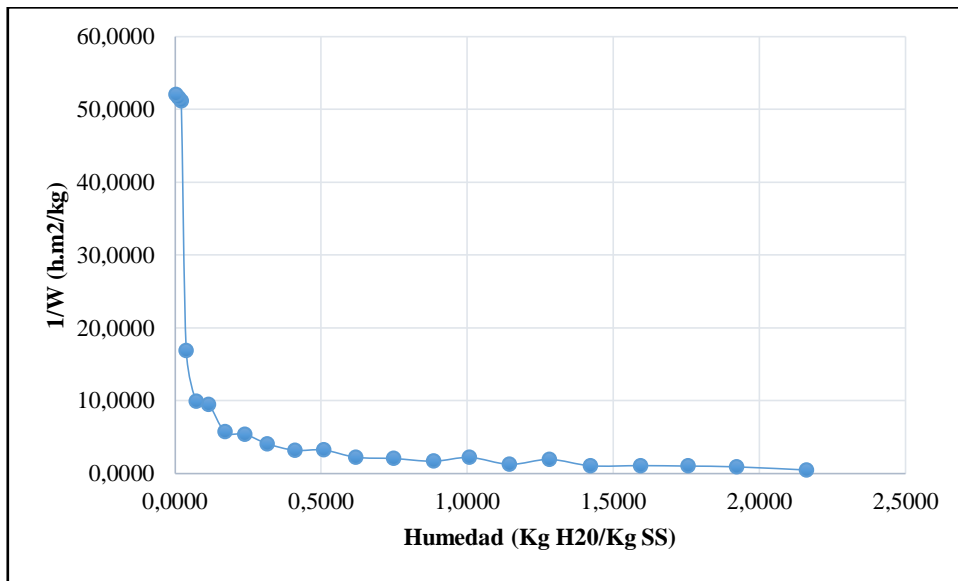


Gráfico 3-3: Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Conforme a la gráfica anterior se determina el área bajo la curva, pues para ello se segmentó en varias figuras geométricas con la finalidad encontrar el área total.

$$\theta_p = \frac{0,117}{0,156} (0,125 + 0,5000 + 0,39175 + 0,6885 + 0,275 + 0,33 + 0,40625 + 0,21469 + 0,3946 + 0,0417 + 0,05213 + 0,472 + 3,717)$$

$$\theta_p = 5,71 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = \theta_a + \theta_p$$

$$\theta_T = 1,04 \text{ h} + 5,71 \text{ h} = 6,75 \text{ h}$$

3.4.3.2 Tratamiento 2 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido ascórbico)

Tabla 13-3: Datos experimentales a temperatura de 40°C + solución de ácido ascórbico

Tiempo (h)	Muestra (Kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h*m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,426	2,4918	-	-	-	-	-
0,33	0,382	2,1311	2,3115	-0,3607	0,3333	2,6497	0,3774
0,67	0,359	1,9426	2,0369	-0,1885	0,3333	1,3017	0,7682
1,00	0,338	1,7705	1,8566	-0,1721	0,3333	1,1190	0,8937
1,33	0,318	1,6066	1,6885	-0,1639	0,3333	1,0026	0,9974
1,67	0,293	1,4016	1,5041	-0,2049	0,3333	1,1547	0,8660
2,00	0,278	1,2787	1,3402	-0,1230	0,3333	0,6574	1,5212
2,33	0,256	1,0984	1,1885	-0,1803	0,3333	0,8879	1,1263
2,67	0,239	0,9590	1,0287	-0,1393	0,3333	0,6405	1,5613
3,00	0,221	0,8115	0,8852	-0,1475	0,3333	0,6271	1,5946
3,33	0,202	0,6557	0,7336	-0,1557	0,3333	0,6050	1,6528
3,67	0,184	0,5082	0,5820	-0,1475	0,3333	0,5221	1,9153
4,00	0,170	0,3934	0,4508	-0,1148	0,3333	0,3752	2,6653
4,33	0,158	0,2951	0,3443	-0,0984	0,3333	0,2989	3,3457
4,67	0,149	0,2213	0,2582	-0,0738	0,3333	0,2114	4,7303
5,00	0,140	0,1475	0,1844	-0,0738	0,3333	0,1986	5,0344
5,33	0,133	0,0902	0,1189	-0,0574	0,3333	0,1468	6,8135
5,67	0,130	0,0656	0,0779	-0,0246	0,3333	0,0615	16,2650
6,00	0,125	0,0246	0,0451	-0,0410	0,3333	0,0985	10,1494
6,33	0,124	0,0164	0,0205	-0,0082	0,3333	0,0195	51,1562
6,67	0,123	0,0082	0,0123	-0,0082	0,3333	0,0194	51,5721
7,00	0,122	0,0000	0,0041	-0,0082	0,3333	0,0192	51,9948
7,33	0,122	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

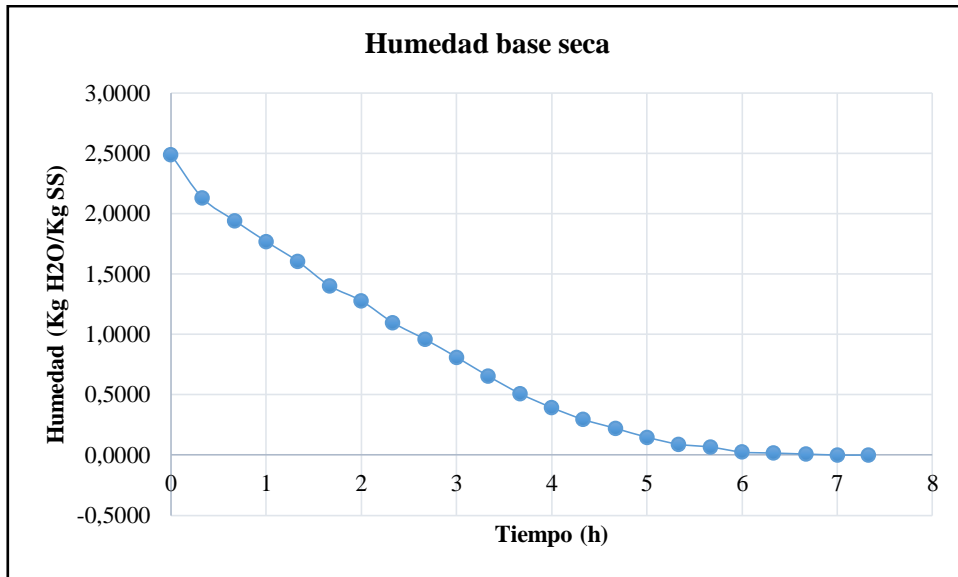


Gráfico 4-3: Curva de humedad vs tiempo de secado 40°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Como se puede apreciar del gráfico 4-3, la curva decrece de manera gradual durante las primeras horas, llegando a un punto en el que la humedad decrece lentamente hasta lograr el punto de equilibrio, en el que la muestra de orito ya está completamente seco.

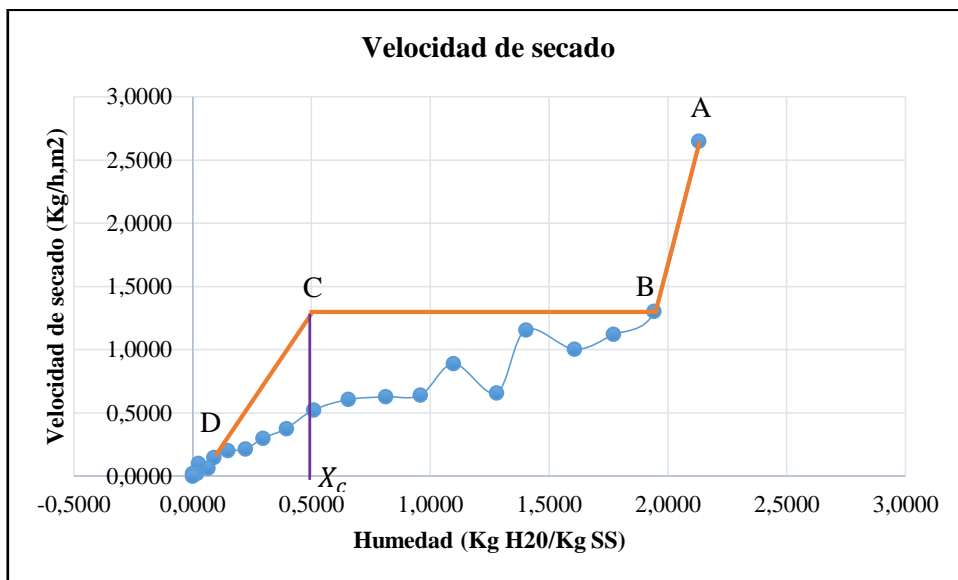


Gráfico 5-3: Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 5-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,5 kg H₂O/kg SS y una velocidad crítica de 1,3056 kg/h.m².

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,122}{0,156} \left(\frac{2,4918 - 0,5}{1,3056} \right) = 1,19 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

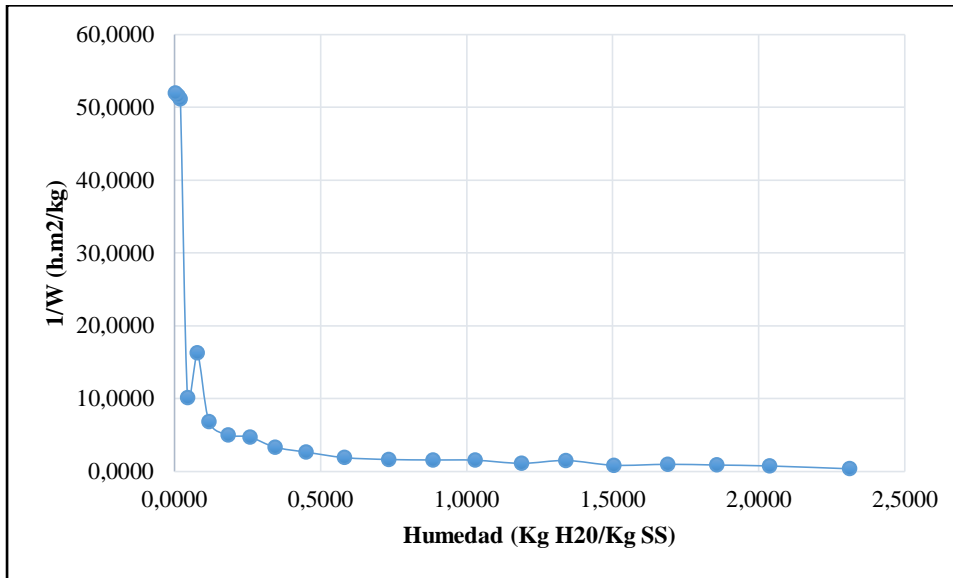


Gráfico 6-3: Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,117}{0,156} (0,28125 + 0,4375 + 0,89063 + 0,57813 + 0,2375 + 0,3375 + 0,46875 + 0,4375 + 0,35938 + 0,54688 + 0,48438 + 1,25)$$

$$\theta_p = 4,93 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 1,19 \text{ h} + 4,93 \text{ h}$$

$$\theta_T = 6,12 \text{ h}$$

3.4.3.3 Tratamiento 3 (temperatura de secado a 40°C + solución de ácido cítrico y ascórbico)

Tabla 14-3: Datos experimentales a temperatura de 40°C y solución combinada

Tiempo (h)	Muestra (Kg)	Humedad base seca	Humedad Promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h*m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,419	2,5508	-	-	-	-	-
0,33	0,404	2,4237	2,4873	-0,1271	0,3333	0,9877	1,0124
0,67	0,381	2,2288	2,3263	-0,1949	0,3333	1,4283	0,7001
1,00	0,363	2,0763	2,1525	-0,1525	0,3333	1,0650	0,9390
1,33	0,344	1,9153	1,9958	-0,1610	0,3333	1,0653	0,9387
1,67	0,321	1,7203	1,8178	-0,1949	0,3333	1,2033	0,8310
2,00	0,309	1,6186	1,6695	-0,1017	0,3333	0,6044	1,6546
2,33	0,286	1,4237	1,5212	-0,1949	0,3333	1,0721	0,9327
2,67	0,271	1,2966	1,3602	-0,1271	0,3333	0,6625	1,5093
3,00	0,253	1,1441	1,2203	-0,1525	0,3333	0,7423	1,3473
3,33	0,234	0,9831	1,0636	-0,1610	0,3333	0,7246	1,3800
3,67	0,216	0,8305	0,9068	-0,1525	0,3333	0,6337	1,5780
4,00	0,200	0,6949	0,7627	-0,1356	0,3333	0,5216	1,9173
4,33	0,184	0,5593	0,6271	-0,1356	0,3333	0,4798	2,0840
4,67	0,171	0,4492	0,5042	-0,1102	0,3333	0,3623	2,7600
5,00	0,159	0,3475	0,3983	-0,1017	0,3333	0,3110	3,2156
5,33	0,147	0,2458	0,2966	-0,1017	0,3333	0,2875	3,4781
5,67	0,140	0,1864	0,2161	-0,0593	0,3333	0,1597	6,2606
6,00	0,133	0,1271	0,1568	-0,0593	0,3333	0,1517	6,5901
6,33	0,127	0,0763	0,1017	-0,0508	0,3333	0,1242	8,0517
6,67	0,125	0,0593	0,0678	-0,0169	0,3333	0,0407	24,5415
7,00	0,122	0,0339	0,0466	-0,0254	0,3333	0,0597	16,7634
7,33	0,118	0,0000	0,0169	-0,0339	0,3333	0,0769	12,9987

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

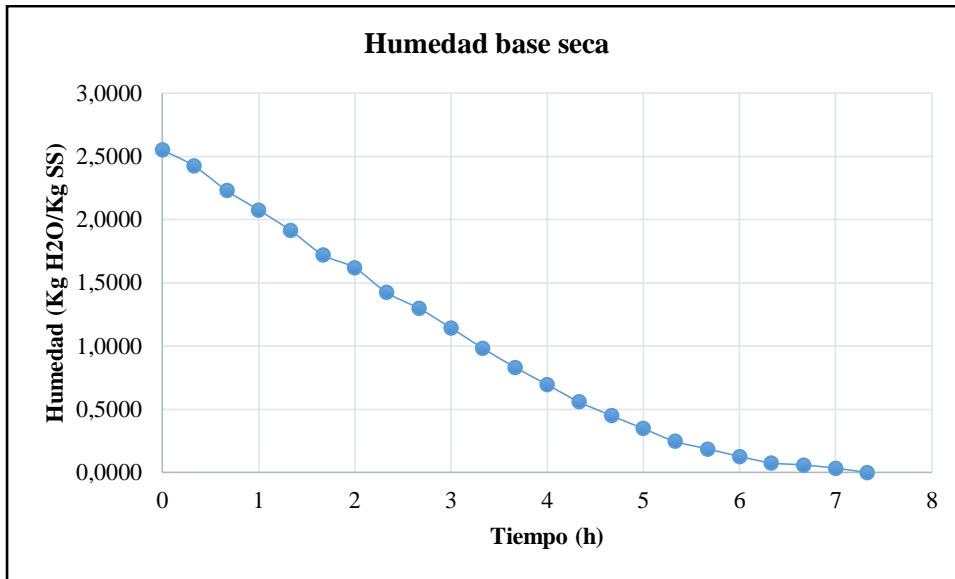


Gráfico 7-3: Humedad vs tiempo de secado a 40°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En el gráfico 7-3, se puede observar que la humedad de orito disminuye a medida que el tiempo transcurre y hay un período en el que la humedad varía lentamente hasta alcanzar el punto de equilibrio.

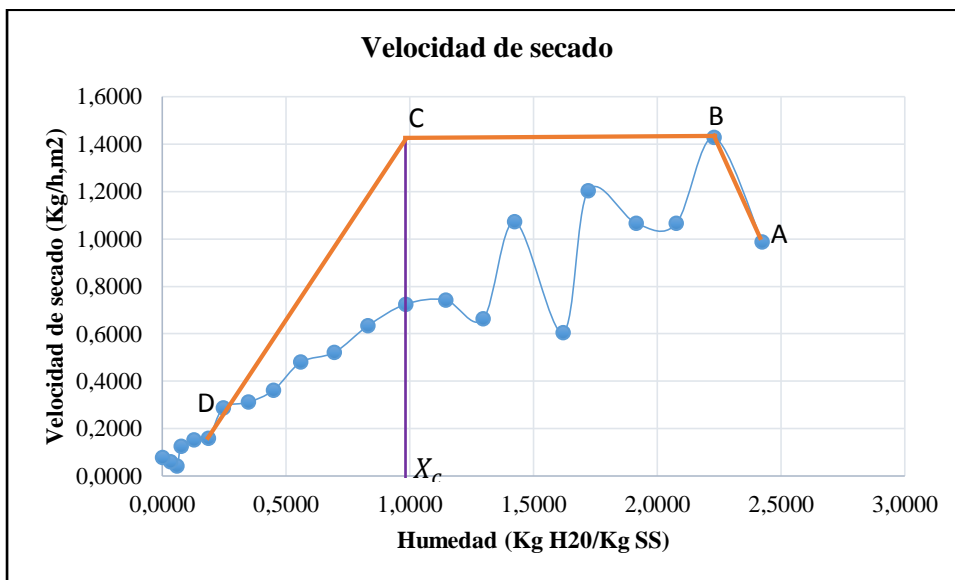


Gráfico 8-3: Velocidad de secado vs humedad a 40°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 8-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,99 kg H₂O/kg SS y una velocidad crítica de 1,4429 kg/h.m².

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,118}{0,156} \left(\frac{2,5508 - 0,987}{1,4429} \right) = 0,82 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

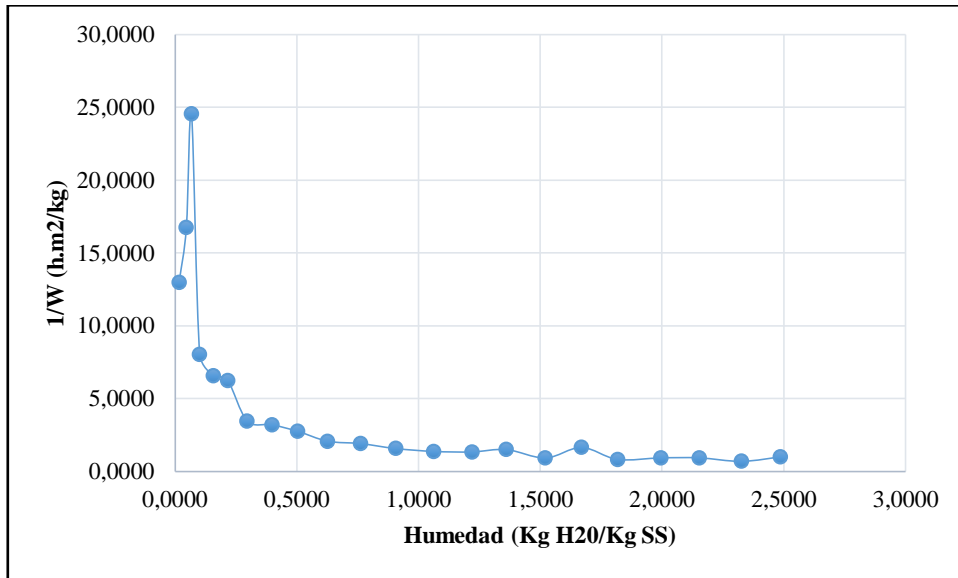


Gráfico 9-3: Curva de 1/W vs humedad a 40°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,117}{0,156} (0,3079 + 0,67097 + 0,37225 + 0,62367 + 0,22979 + 0,28552 + 0,3309$$

$$+ 0,36766 + 0,40442 + 0,46878 + 0,40439 + 0,34469 + 0,951434$$

$$+ 0,68938)$$

$$\theta_p = 4,88 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 0,82 \text{ h} + 4,88 \text{ h}$$

$$\theta_T = 5,7 \text{ h}$$

3.4.3.4 Tratamiento 4 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido cítrico)

Tabla 15-3: Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución de ácido cítrico

Tiempo (h)	Muestra (kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h*m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,302	1,8491	-	-	-	-	-
0,33	0,273	1,5755	1,7123	-0,2736	0,3333	1,4365	0,6962
0,67	0,250	1,3585	1,4670	-0,2170	0,3333	1,0433	0,9585
1,00	0,226	1,1321	1,2453	-0,2264	0,3333	0,9841	1,0161
1,33	0,198	0,8679	1,0000	-0,2642	0,3333	1,0059	0,9941
1,67	0,190	0,7925	0,8302	-0,0755	0,3333	0,2758	3,6260
2,00	0,172	0,6226	0,7075	-0,1698	0,3333	0,5617	1,7802
2,33	0,154	0,4528	0,5377	-0,1698	0,3333	0,5030	1,9883
2,67	0,141	0,3302	0,3915	-0,1226	0,3333	0,3326	3,0068
3,00	0,133	0,2547	0,2925	-0,0755	0,3333	0,1931	5,1799
3,33	0,123	0,1604	0,2075	-0,0943	0,3333	0,2232	4,4809
3,67	0,118	0,1132	0,1368	-0,0472	0,3333	0,1070	9,3414
4,00	0,113	0,0660	0,0896	-0,0472	0,3333	0,1025	9,7548
4,33	0,109	0,0283	0,0472	-0,0377	0,3333	0,0791	12,6409
4,67	0,106	0,0000	0,0142	-0,0283	0,3333	0,0577	17,3316
5,00	0,106	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-
5,33	0,106	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-
5,67	0,106	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

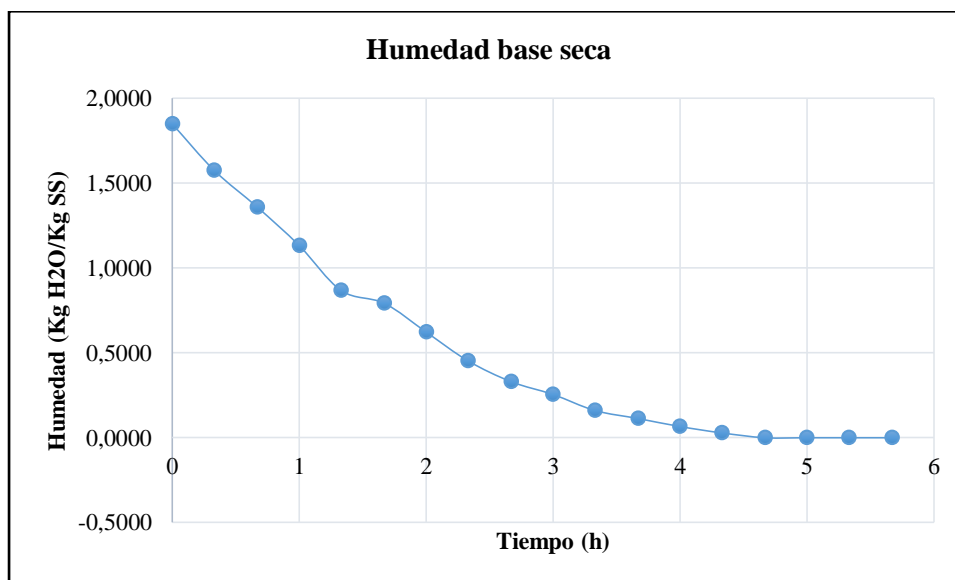


Gráfico 10-3: Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Como se puede apreciar en el gráfico 10-3, la humedad de la muestra de orito disminuye de forma gradual durante las primeras horas, pero llega un punto en el que la curva permanece constante hasta alcanzar el punto de equilibrio.

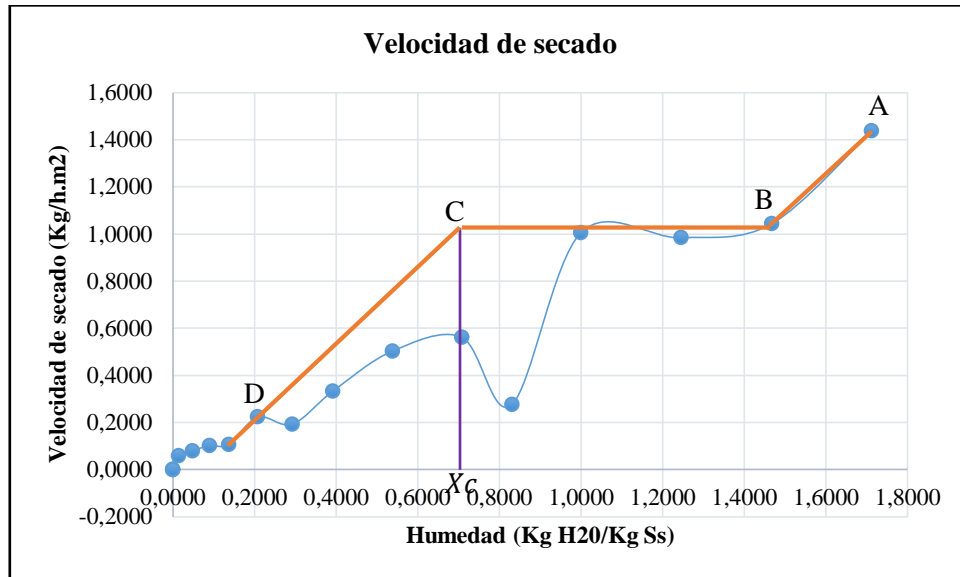


Gráfico 11-3: Velocidad de secado vs humedad a 50°C + solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 11-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,7083kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,0286 kg/h.m2.

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,106}{0,156} \left(\frac{1,8491 - 0,7083}{1,0286} \right) = 0,75 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

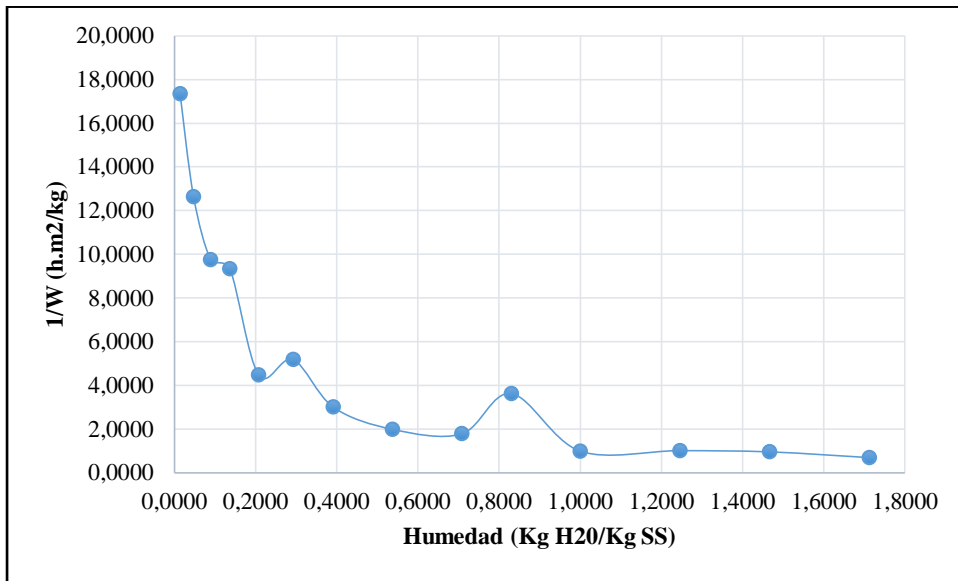


Gráfico 12-3: Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,106}{0,156} (0,25455 + 0,47273 + 0,89637 + 0,37828 + 0,4179 + 0,4000 + 0,45455 + 0,4582 + 0,46814 + 0,4761 + 0,28906)$$

$$\theta_p = 3,37 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 0,75 \text{ h} + 3,37 \text{ h}$$

$$\theta_T = 4,12 \text{ h}$$

3.4.3.5 Tratamiento 5 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido ascórbico)

Tabla 16-3: Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución de ácido ascórbico

Tiempo (h)	Muestra (kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta\theta$ (h)	W (kg/h.m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,346	2,0619	-	-	-	-	-
0,33	0,290	1,5664	1,8142	-0,4956	0,3333	2,7641	0,3618
0,67	0,270	1,3894	1,4779	-0,1770	0,3333	0,9191	1,0880
1,00	0,248	1,1947	1,2920	-0,1947	0,3333	0,9286	1,0769
1,33	0,225	0,9912	1,0929	-0,2035	0,3333	0,8808	1,1353
1,67	0,203	0,7965	0,8938	-0,1947	0,3333	0,7601	1,3156
2,00	0,179	0,5841	0,6903	-0,2124	0,3333	0,7312	1,3676
2,33	0,159	0,4071	0,4956	-0,1770	0,3333	0,5412	1,8476
2,67	0,144	0,2743	0,3407	-0,1327	0,3333	0,3676	2,7201
3,00	0,133	0,1770	0,2257	-0,0973	0,3333	0,2490	4,0160
3,33	0,125	0,1062	0,1416	-0,0708	0,3333	0,1702	5,8754
3,67	0,120	0,0619	0,0841	-0,0442	0,3333	0,1021	9,7924
4,00	0,116	0,0265	0,0442	-0,0354	0,3333	0,0790	12,6625
4,33	0,116	0,0265	0,0265	0,0000	0,3333	0,0000	-
4,67	0,113	0,0000	0,0133	-0,0265	0,3333	0,0577	17,3316
5,00	0,113	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-
5,33	0,104	-0,0796	-0,0398	-0,0796	0,3333	0,1593	6,2772
5,67	0,104	-0,0796	-0,0796	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

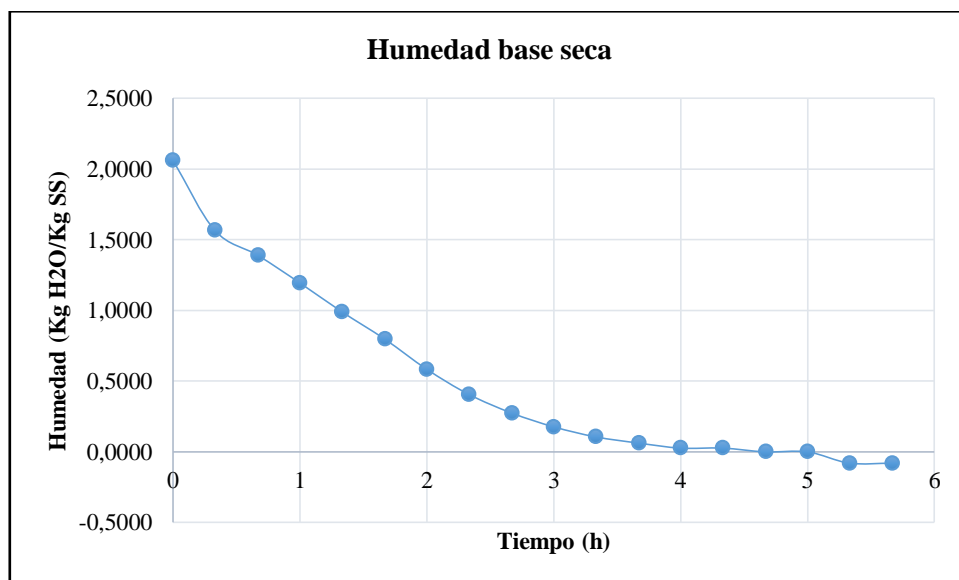


Gráfico 13-3: Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En el gráfico 13-3, se destaca que hay un período en el que la humedad disminuye conforme avanza el tiempo y un período en el que permanece constante hasta alcanzar el punto de equilibrio.

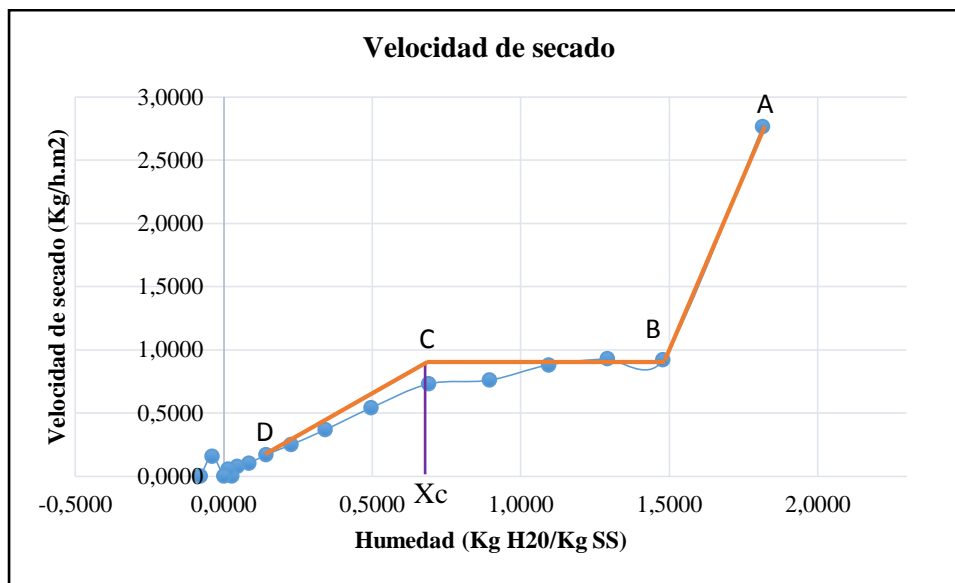


Gráfico 14-3: Velocidad de secado vs humedad a 50°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 14-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,7111 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 0,9 kg/h.m2.

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,104}{0,156} \left(\frac{2,0619 - 0,7111}{0,9} \right) = 1,0 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

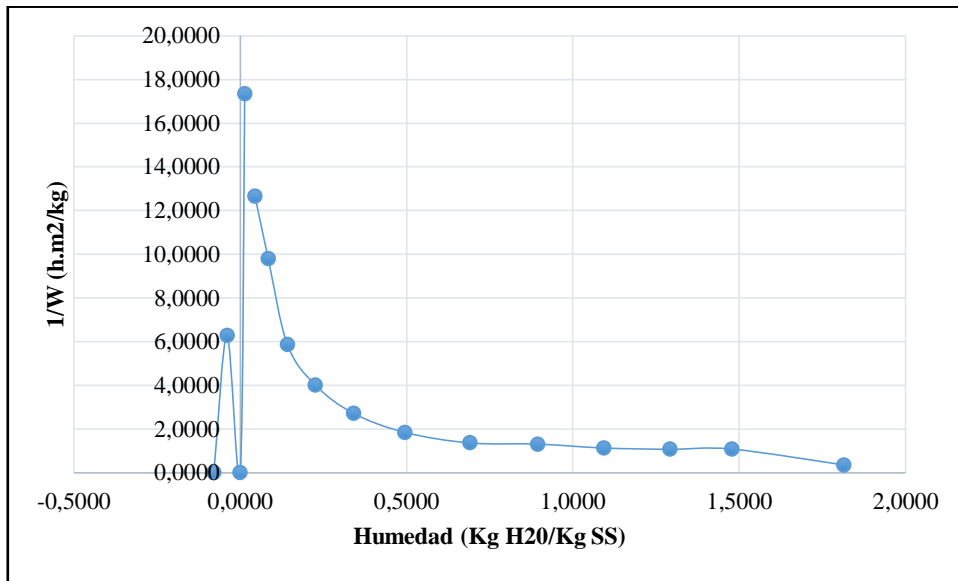


Gráfico 15-3: Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,104}{0,156} (0,17 + 0,975 + 0,35 + 0,40 + 0,435 + 0,44 + 0,495 + 0,45)$$

$$\theta_p = 2,28 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 1,09 \text{ h} + 2,28 \text{ h}$$

$$\theta_T = 3,37 \text{ h}$$

3.4.3.6 Tratamiento 6 (temperatura de secado a 50°C + solución de ácido cítrico y ascórbico)

Tabla 17-3: Datos experimentales a temperatura de 50°C y solución combinada

Tiempo (h)	Muestra (kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h.m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,337	2,2404	-	-	-	-	-
0,33	0,281	1,7019	1,9712	-0,5385	0,3333	2,9101	0,3436
0,67	0,261	1,5096	1,6058	-0,1923	0,3333	0,9653	1,0359
1,00	0,239	1,2981	1,4038	-0,2115	0,3333	0,9724	1,0284
1,33	0,216	1,0769	1,1875	-0,2212	0,3333	0,9187	1,0885
1,67	0,194	0,8654	0,9712	-0,2115	0,3333	0,7893	1,2670
2,00	0,170	0,6346	0,7500	-0,2308	0,3333	0,7545	1,3254
2,33	0,150	0,4423	0,5385	-0,1923	0,3333	0,5548	1,8025
2,67	0,135	0,2981	0,3702	-0,1442	0,3333	0,3745	2,6704
3,00	0,124	0,1923	0,2452	-0,1058	0,3333	0,2522	3,9644
3,33	0,116	0,1154	0,1538	-0,0769	0,3333	0,1716	5,8270
3,67	0,111	0,0673	0,0913	-0,0481	0,3333	0,1026	9,7432
4,00	0,107	0,0288	0,0481	-0,0385	0,3333	0,0791	12,6343
4,33	0,107	0,0288	0,0288	0,0000	0,3333	0,0000	-
4,67	0,104	0,0000	0,0144	-0,0288	0,3333	0,0577	17,3316
5,00	0,104	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-
5,33	0,104	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-
5,67	0,104	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

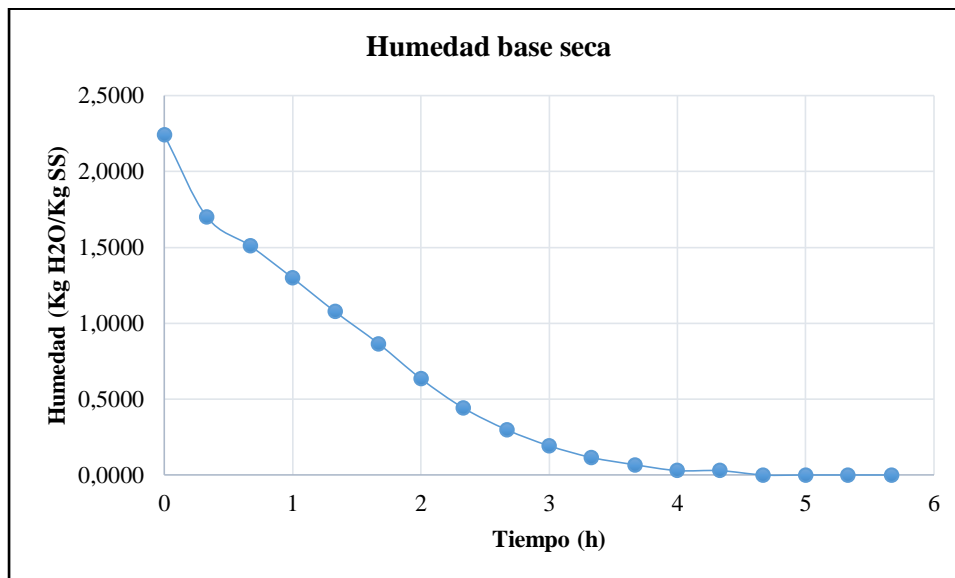


Gráfico 16-3: Humedad vs tiempo de secado a 50°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Del gráfico 16-3 se puede destacar que la humedad de orito disminuye de acuerdo al tiempo que transcurre el tiempo de secado, es decir la curva decrece hasta llegar a un punto en el que la humedad disminuye lentamente hasta alcanzar el punto de equilibrio.

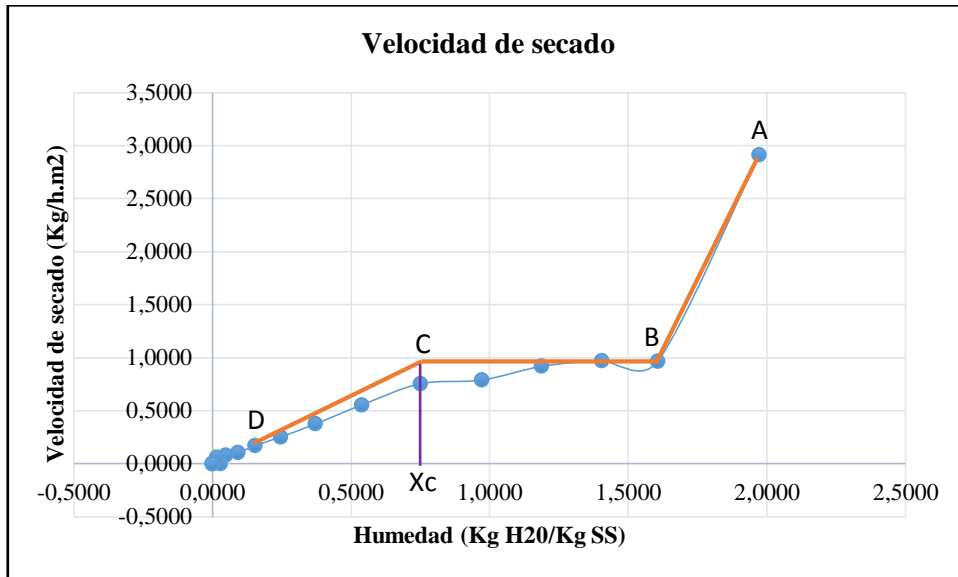


Gráfico 17-3: Velocidad de secado vs humedad a 50°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 17-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,7561 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,00 kg/h.m2.

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,104}{0,156} \left(\frac{2,2404 - 0,7561}{1,00} \right) = 0,99 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

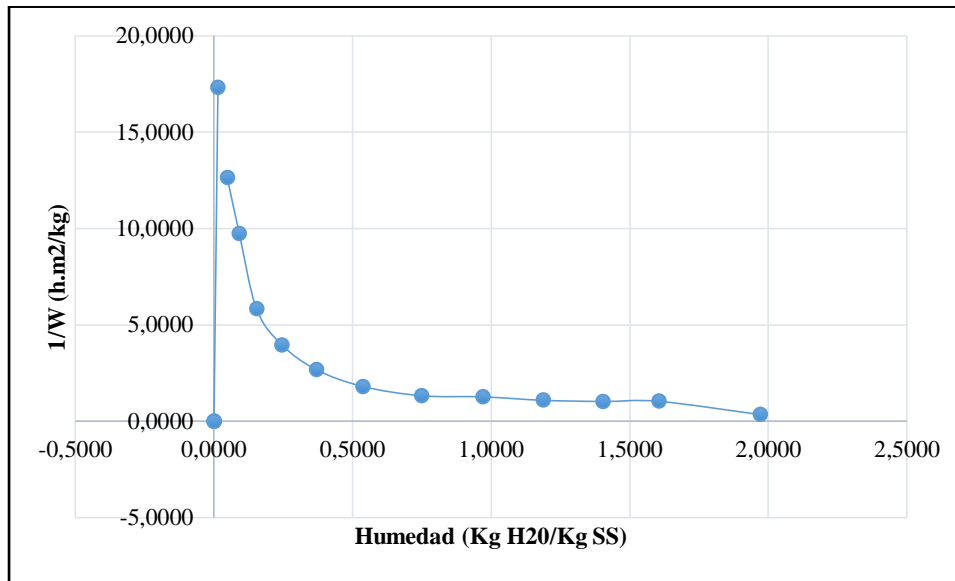


Gráfico 18-3: Curva de 1/W vs humedad a 50°C y solución de solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,104}{0,156} (0,225 + 0,827 + 0,3014 + 0,32845 + 0,41364 + 0,409 + 0,491 + 0,4886 + 0,28181)$$

$$\theta_p = 2,51 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = \theta_a + \theta_p$$

$$\theta_T = 0,99 \text{ h} + 2,51 \text{ h}$$

$$\theta_T = 3,5 \text{ h}$$

3.4.3.7 Tratamiento 7 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido cítrico)

Tabla 18-3: Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución de ácido cítrico

Tiempo (h)	Muestra (Kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h.m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,385	2,4071	-	-	-	-	-
0,33	0,286	1,5310	1,9690	-0,8761	0,3333	4,8191	0,2075
0,67	0,255	1,2566	1,3938	-0,2743	0,3333	1,3454	0,7433
1,00	0,219	0,9381	1,0973	-0,3186	0,3333	1,3419	0,7452
1,33	0,200	0,7699	0,8540	-0,1681	0,3333	0,6468	1,5462
1,67	0,175	0,5487	0,6593	-0,2212	0,3333	0,7446	1,3430
2,00	0,156	0,3805	0,4646	-0,1681	0,3333	0,5045	1,9823
2,33	0,141	0,2478	0,3142	-0,1327	0,3333	0,3600	2,7780
2,67	0,132	0,1681	0,2080	-0,0796	0,3333	0,2022	4,9456
3,00	0,124	0,0973	0,1327	-0,0708	0,3333	0,1688	5,9228
3,33	0,119	0,0531	0,0752	-0,0442	0,3333	0,1013	9,8746
3,67	0,117	0,0354	0,0442	-0,0177	0,3333	0,0398	25,1086
4,00	0,116	0,0265	0,0310	-0,0088	0,3333	0,0197	50,6501
4,33	0,114	0,0088	0,0177	-0,0177	0,3333	0,0388	25,7694
4,67	0,113	0,0000	0,0044	-0,0088	0,3333	0,0192	51,9948
5,00	0,113	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

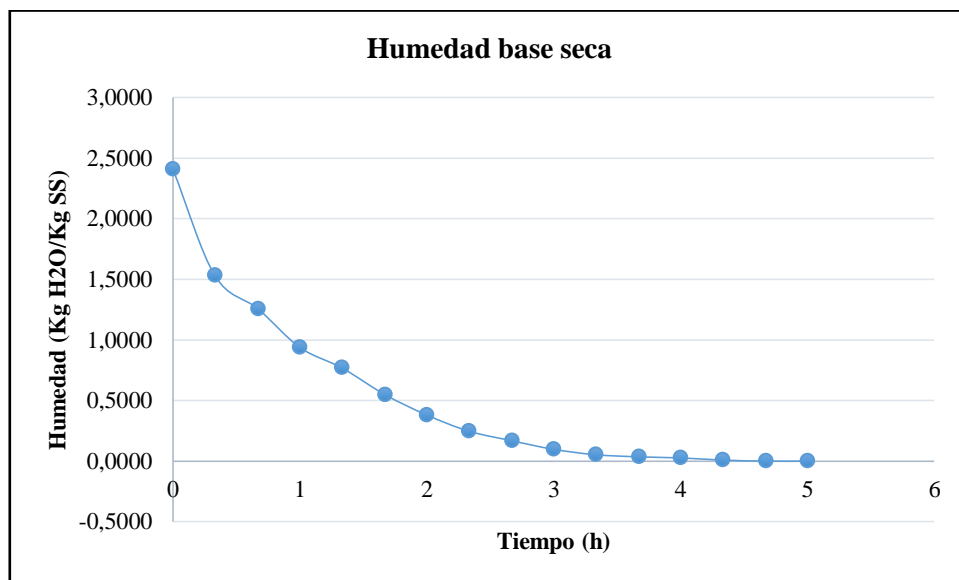


Gráfico 19-3: Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Como se puede observar en el gráfico 19-3, la curva de humedad decrece de forma gradual hasta alcanzar un punto en el que la humedad disminuye lentamente hasta alcanzar el punto de equilibrio.

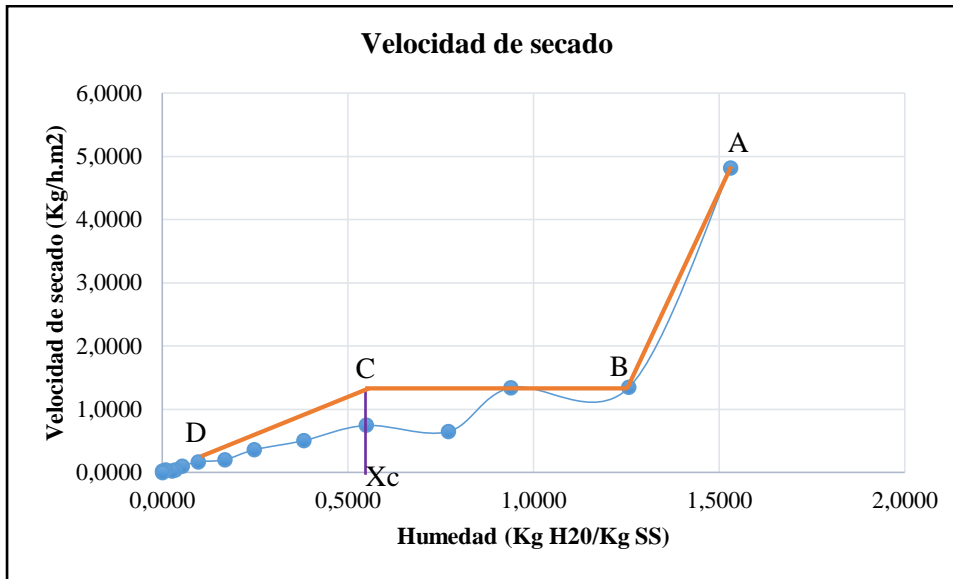


Gráfico 20-3: Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 20-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,5446 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,4210 kg/h.m².

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,113}{0,156} \left(\frac{2,4071 - 0,5446}{1,4210} \right) = 0,95 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

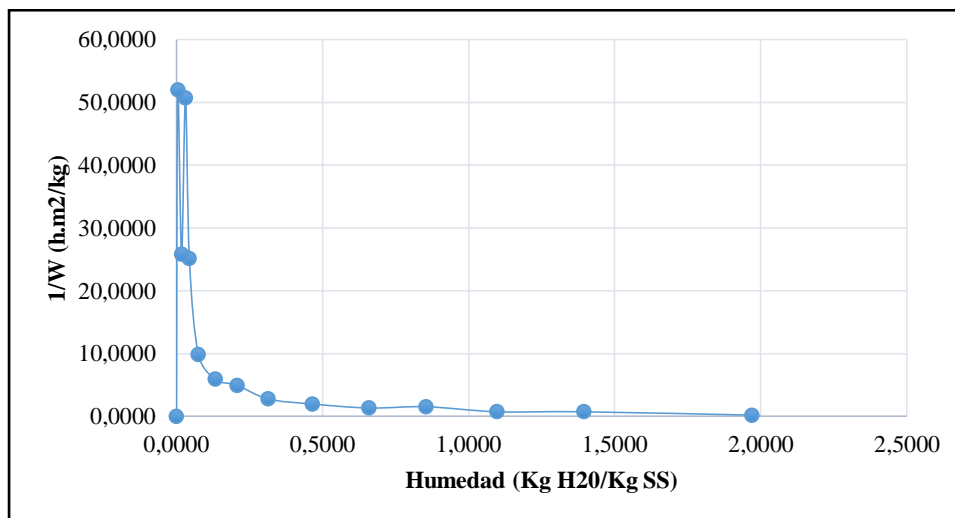


Gráfico 21-3: Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido cítrico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,113}{0,156} (0,15972 + 0,33333 + 0,20838 + 0,53056 + 0,42194 + 0,35555 + 0,375 + 0,60281 + 0,5469 + 1,40625)$$

$$\theta_p = 3,58 h$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 0,95 h + 3,58 h$$

$$\theta_T = 4,53 h$$

3.4.3.8 Tratamiento 8 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido ascórbico)

Tabla 19-3: Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución de ácido ascórbico

Tiempo (h)	Muestra (Kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h.m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,405	2,4034	-	-	-	-	-
0,33	0,309	1,5966	2,0000	-0,8067	0,3333	4,7943	0,2086
0,67	0,267	1,2437	1,4202	-0,3529	0,3333	1,8124	0,5518
1,00	0,236	0,9832	1,1134	-0,2605	0,3333	1,1824	0,8457
1,33	0,198	0,6639	0,8235	-0,3193	0,3333	1,2160	0,8224
1,67	0,172	0,4454	0,5546	-0,2185	0,3333	0,7228	1,3836
2,00	0,153	0,2857	0,3655	-0,1597	0,3333	0,4698	2,1284
2,33	0,137	0,1513	0,2185	-0,1345	0,3333	0,3543	2,8227
2,67	0,132	0,1092	0,1303	-0,0420	0,3333	0,1067	9,3748
3,00	0,126	0,0588	0,0840	-0,0504	0,3333	0,1222	8,1844
3,33	0,123	0,0336	0,0462	-0,0252	0,3333	0,0596	16,7680
3,67	0,122	0,0252	0,0294	-0,0084	0,3333	0,0197	50,7162
4,00	0,122	0,0252	0,0252	0,0000	0,3333	0,0000	-
4,33	0,121	0,0168	0,0210	-0,0084	0,3333	0,0196	51,1354
4,67	0,119	0,0000	0,0084	-0,0168	0,3333	0,0385	25,9974
5,00	0,119	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

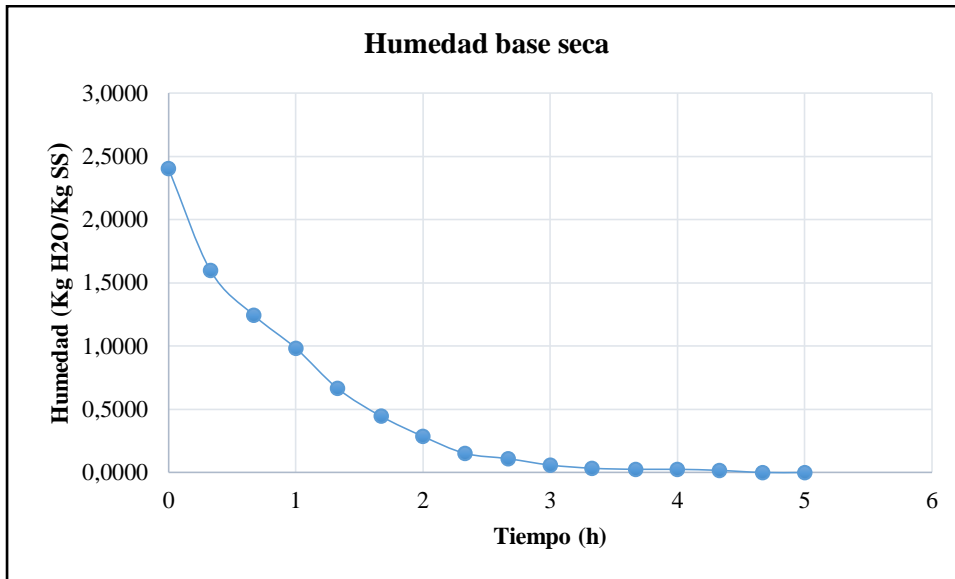


Gráfico 22-3: Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En el gráfico 22-3, se puede apreciar que la curva de humedad decrece a medida que la humedad de orito disminuye durante las primeras horas, pero llega a un punto en el que la humedad disminuye lentamente hasta conseguir un peso constante.

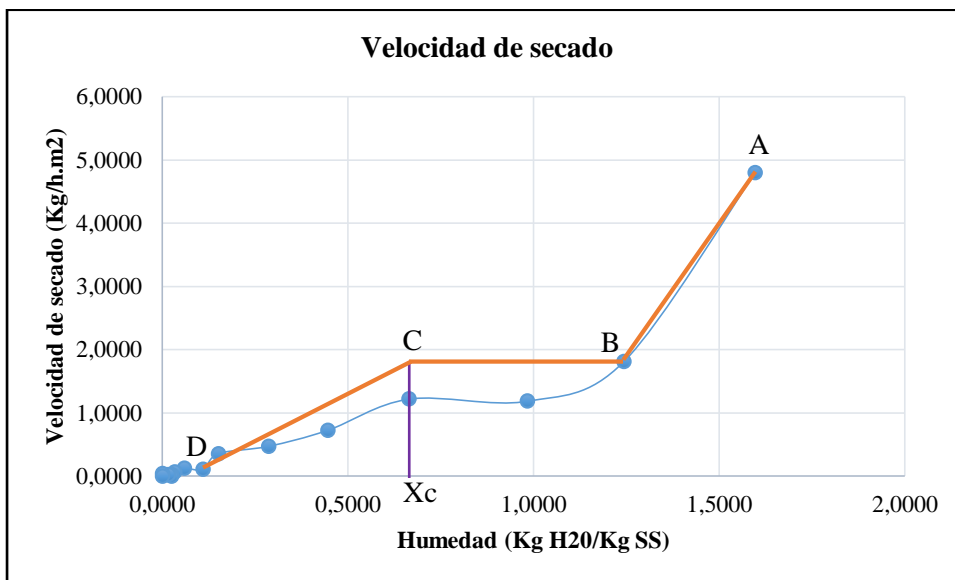


Gráfico 23-3: Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 23-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,6696 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,80 kg/h.m2.

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,119}{0,156} \left(\frac{2,4034 - 0,6696}{1,80} \right) = 0,74 \text{ h}$$

- **Tiempo período post-crítico**

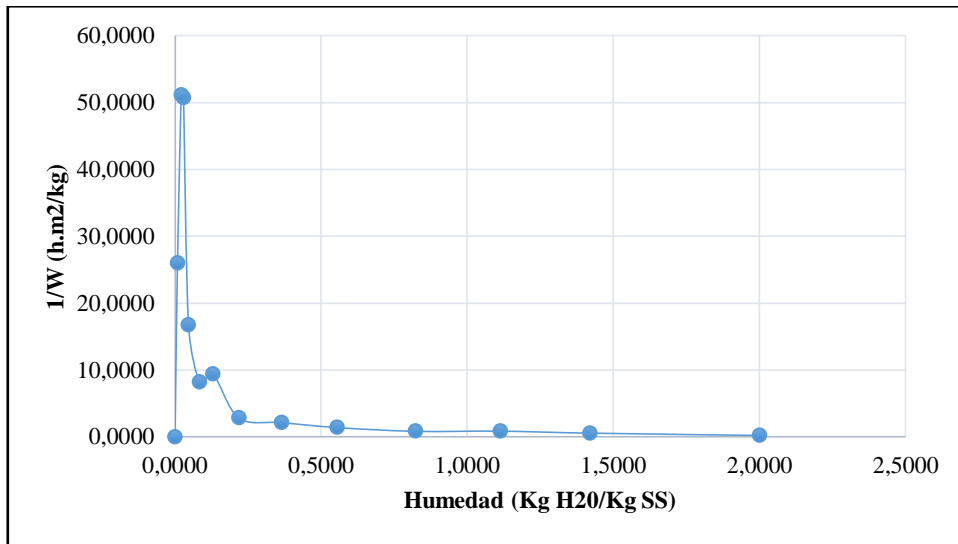


Gráfico 24-3: Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,119}{0,156} (0,09766 + 0,15 + 0,34375 + 0,46094 + 0,45 + 0,51047 + 0,425 + 0,56251 + 1,42969)$$

$$\theta_p = 3,38 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = 0,74 \text{ h} + 3,38 \text{ h}$$

$$\theta_T = 4,12 \text{ h}$$

3.4.3.9 Tratamiento 9 (temperatura de secado a 60°C + solución de ácido cítrico y ascórbico)

Tabla 20-3: Datos experimentales a temperatura de 60°C y solución combinada

Tiempo (h)	Muestra (kg)	Humedad base seca	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$ (h)	W (kg/h.m ²)	1/W (h*m ² /kg)
0	0,388	2,4336					
0,33	0,331	1,9292	2,18142	-0,5044	0,3333	3,2112	0,3114
0,67	0,292	1,5841	1,75664	-0,3451	0,3333	1,9382	0,5159
1,00	0,252	1,2301	1,40708	-0,3540	0,3333	1,7156	0,5829
1,33	0,221	0,9558	1,09292	-0,2743	0,3333	1,1660	0,8576
1,67	0,189	0,6726	0,81416	-0,2832	0,3333	1,0294	0,9715
2,00	0,164	0,4513	0,56195	-0,2212	0,3333	0,6978	1,4330
2,33	0,141	0,2478	0,34956	-0,2035	0,3333	0,5520	1,8117
2,67	0,131	0,1593	0,20354	-0,0885	0,3333	0,2230	4,4850
3,00	0,122	0,0796	0,11947	-0,0796	0,3333	0,1869	5,3510
3,33	0,118	0,0442	0,06195	-0,0354	0,3333	0,0803	12,4479
3,67	0,116	0,0265	0,03540	-0,0177	0,3333	0,0395	25,3251
4,00	0,115	0,0177	0,02212	-0,0088	0,3333	0,0196	51,0905
4,33	0,115	0,0177	0,01770	0,0000	0,3333	0,0000	-
4,67	0,113	0,0000	0,00885	-0,0177	0,3333	0,0385	25,9974
5,00	0,113	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,0000	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

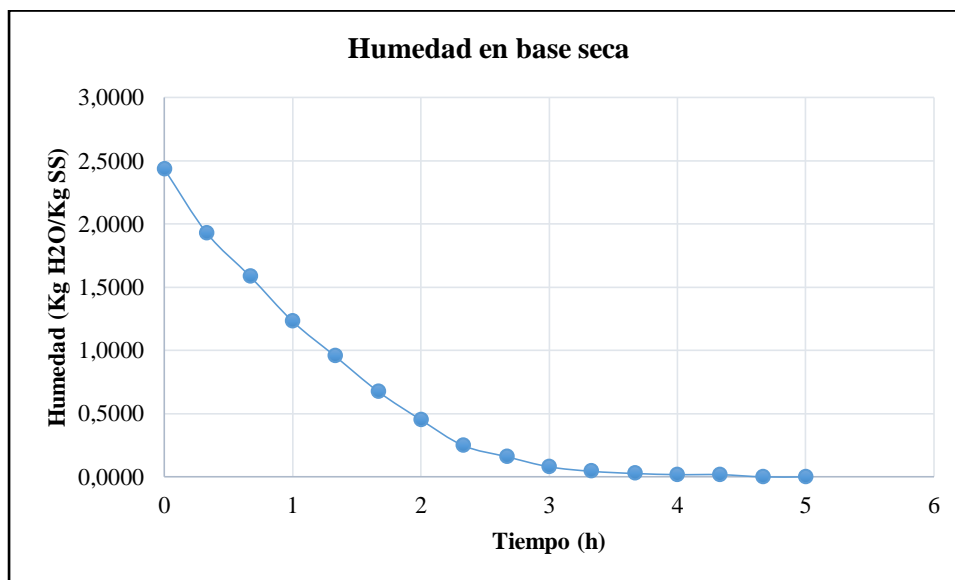


Gráfico 25-3: Humedad vs tiempo de secado a 60°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 25-3 se puede indicar que la curva de humedad decrece gradualmente conforme disminuye la humedad de la muestra de orito durante las primeras horas, pero llega un

punto de inflexión en el que la humedad disminuye lentamente hasta alcanzar el punto de equilibrio.

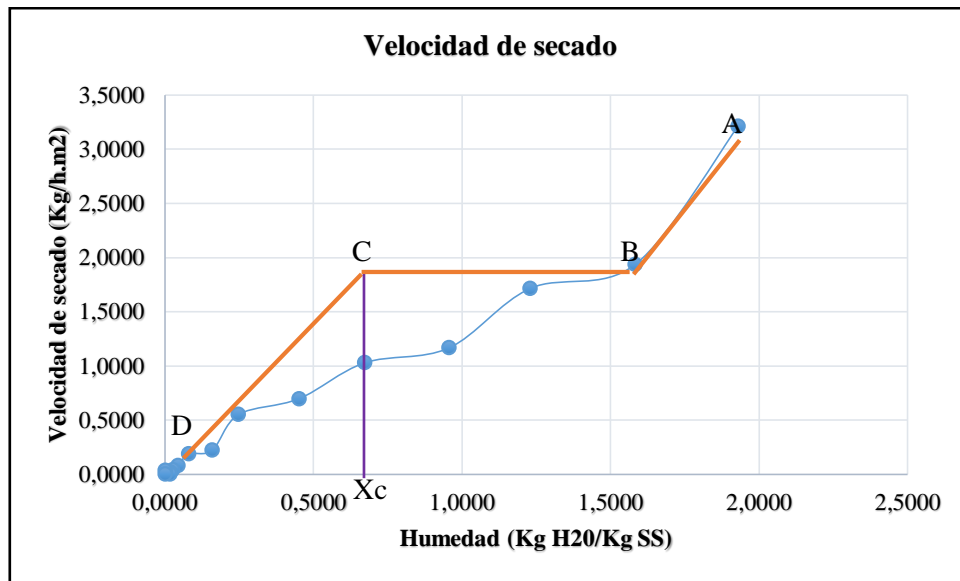


Gráfico 26-3: Velocidad de secado vs humedad a 60°C y solución combinada

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo al gráfico 26-3 de la velocidad de secado se obtiene una humedad crítica de 0,6818 kg H2O/kg SS y una velocidad crítica de 1,9375 kg/h.m².

- **Tiempo período ante-crítico**

$$\theta_a = \frac{0,113}{0,156} \left(\frac{2,4336 - 0,6818}{1,9375} \right) = 0, h$$

- **Tiempo período post-crítico**

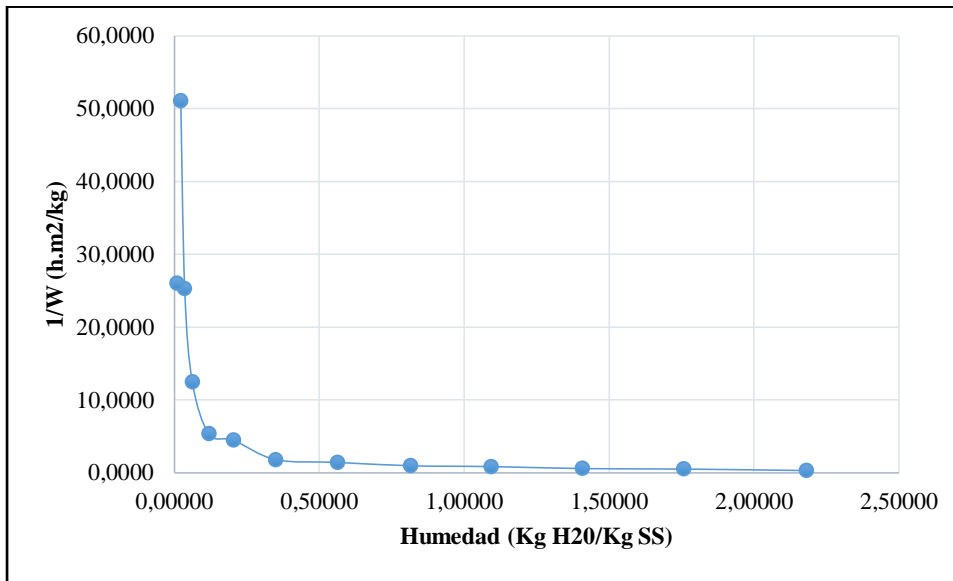


Gráfico 27-3: Curva de 1/W vs humedad a 60°C y solución de ácido ascórbico

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$\theta_p = \frac{0,119}{0,156} (0,10625 + 0,38889 + 0,34719 + 0,31941 + 0,40275 + 0,5 + 0,54166 + 0,43264 + 0,44444 + 0,47222 + 0,3125)$$

$$\theta_p = 3,092 \text{ h}$$

- **Tiempo total**

$$\theta_T = \theta_a + \theta_p$$

$$\theta_T = 0,305 \text{ h} + 3,092 \text{ h}$$

$$\theta_T = 3,397 \text{ h}$$

3.4.3.10 Selección del inhibidor enzimático más idóneo y de la temperatura óptima de secado

- **Selección del inhibidor enzimático**

Para la selección del inhibidor enzimático más idóneo se utilizó tres soluciones diferentes: ácido cítrico (al 0,25%), ascórbico (0,01%) y la combinación de las dos soluciones (50:50 v/v), esto con la finalidad de que la muestra a secarse no adquiriera cambio de color, mismo que es ocasionado por las enzimas polifenoloxidasas clasificadas como óxido reductasas.

Con respecto a las muestras sumergidas en ácido ascórbico no se obtuvieron buenos resultados, en el que se observó un cambio de color a café oscuro, debido a que no se logró inactivar por

completo las enzimas presentes en el orito; mientras que las muestras de ácido cítrico no presentaron cambios de coloración y finalmente la combinación de los dos presentan un cambio de coloración bajo. Por lo tanto, el inactivador enzimático más ideal que será empleado para el proceso de secado es el ácido cítrico (al 0,25%).

- **Selección de la temperatura óptima de secado**

A fin de determinar la temperatura óptima de secado a la cual brinda las mejores características, se definió evaluar la eficiencia del proceso de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C dichas muestras se introdujo en el secador de bandejas conforme a las condiciones establecidas. Los valores de las temperaturas consideradas son tomados de fuentes bibliográficas, recomendado para secar sólidos con elevado contenido de humedad, como es el caso del orito.

- **Análisis de la eficiencia del proceso de secado**

La eficiencia del proceso de secado se cuantifica en función del tiempo de secado, puesto que si el tiempo de secado es menor se requerirá de menor suministro y consumo de energía, y por lo tanto se obtendrá un proceso eficiente y factible. A continuación, se muestra las curvas de secado para cada una de las condiciones mencionadas:

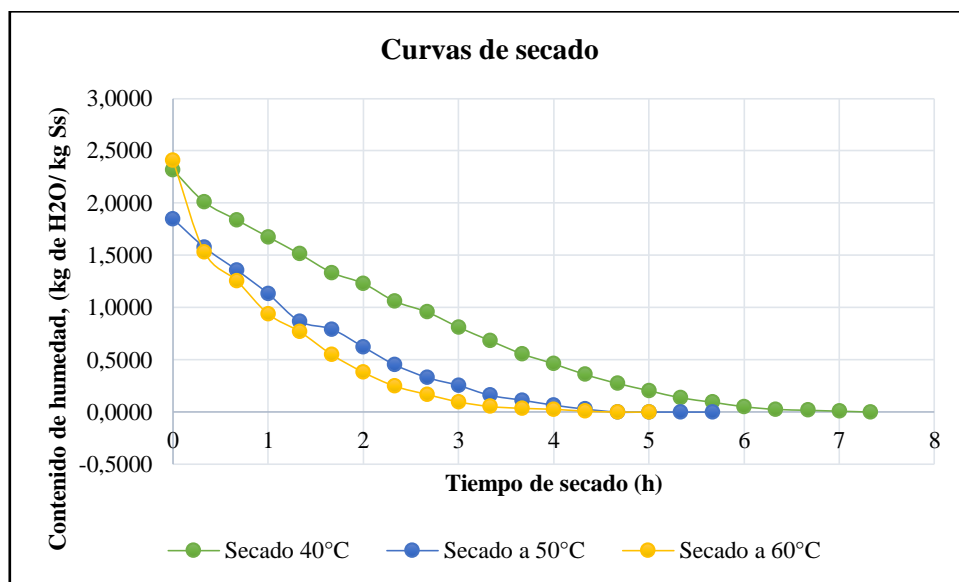


Gráfico 28-3: Contenido de humedad (Kg H₂O/Kg Ss) vs tiempo de secado (min).

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Para conocer cuál de las tres temperaturas es la adecuada se realizan los ensayos técnicos tomando en cuenta el tiempo, temperatura y el pardeamiento (color) que presenta la muestra en cada proceso y es así como se selecciona la temperatura.

La temperatura de secado influye en el tiempo de secado, como se puede observar en el gráfico 1-3 a 40°C el tiempo de secado es mayor, por lo que se rechaza ya que influye directamente en el rendimiento del proceso, mientras que a 50 y 60°C el tiempo de secado es menor, estos dos no varían de forma significativa pues para determinar la temperatura adecuada se establece criterios estadísticos tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 21-3: Prueba t-student para determinar la temperatura óptima

VARIABLES ESTADÍSTICAS	Secado a 50°C	Secado a 60°C
Media	0,45615982	0,40412979
. Varianza	0,26646428	0,249697
Observaciones	17	15
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	30	
Estadístico t	0,288803	
P(T<=t) un cola	0,3873592	
Valor crítico de t (una cola)	1,69726089	
P(T<=t) dos colas	0,7747184	
Valor crítico de t (dos colas)	2,04227246	

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Las medias de las dos temperaturas no varían de manera significativa, pues para determinar dicha variación se recurre a los datos de P (T<=t) dos colas, considerando un nivel de confianza de 0,05, el cual indica que el valor de P (T<=t) dos colas es mayor al valor de 0,05 por lo que indica que no hay diferencia. Al observar este inconveniente se evaluó el color de la muestra luego del proceso de secado, por lo que se observó que a 60°C su color se mantiene, mientras que a 50°C presenta una coloración significativa, por lo que se decide la temperatura de 60°C para el proceso de secado de orito.

3.4.4 Datos experimentales de tamizado

Tabla 22-3: Datos luego del tamizado de harina de orito

Descripción	Masa (g)
Harina de banano orito	334,729
Harina de banano orito tamizado	324,545
Finos	9,745
Total de harina tamizada	334,29

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Mediante pruebas realizadas a nivel de laboratorio se obtuvo datos de la operación de tamizado, para ello se utilizó una serie de tamices de Tayler desde 850 μm de luz de malla hasta 150 μm , obteniéndose los datos descritos en la tabla

- Tamaño media de la partícula (Dm_p)

$$Dm_p = \frac{d_{max} + d_{min}}{2000}$$

Dónde:

d_{max} : Diámetro máximo de luz de malla, (μm).

d_{min} : Diámetro mínimo de luz de malla, (μm).

Tabla 23-3: Datos del análisis granulométrico de la harina de banano orito

N°	Apertura (μm)	Masa retenida (g)	Dm_p (mm)	X_i	$Dm_p * X_i$	% R
	850	-	-	-	-	-
1	425	85,212	0,638	0,26	0,166	26,3
2	300	79,020	0,363	0,24	0,087	24,3
3	212	68,257	0,256	0,21	0,054	21,0
4	150	62,912	0,181	0,19	0,034	19,4
5	106	29,144	0,128	0,09	0,012	8,9
Total		324,545	-	1,00	0,353	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Dónde:

N: Número de malla o tamiz empleado.

Apertura: Luz de cada tamiz, (μm).

X_i : Fracción de partículas retenidas.

En la tabla 23-3 se puede observar que el mayor porcentaje de partículas pasa la luz de malla 150 μm y se retiene en la malla 106 μm , sin embargo según la norma actual para harina de trigo indica que la harina debe pasar por el tamiz 212 μm , por lo que se constituye un parámetro muy importante que se debe considerar.

3.5 Variables y parámetros de proceso para la obtención de harina de orito

Para la obtención de harina a partir de banano orito es importante establecer y considerar las variables y parámetros que se controlan en el proceso están descritos en la siguiente tabla:

Tabla 24-3: Variables y parámetros del proceso

Operación	Variable Independiente	Variable dependiente	Parámetro experimental	Método de medición	Efecto o función en el proceso
Recepción y selección de materia prima	Unidad (banano orito)	Calidad física (peso, longitud, calibre del fruto)	$75 \leq m \leq 85 \text{ g}$ $3,5 \leq l \leq 5,9 \text{ plg}$ $31 \leq c \leq 40 \text{ mm}$	Balanza Calibrador	Calidad de la materia prima
	Grado de madurez	Nivel 2 de madurez	Color del fruto	Inspección manual – visual según la tabla de color	
Lavado y desinfección del fruto	Masa de banano orito seleccionado	Volumen de agua Concentración de (NaClO)	50 ppm	Medición volumétrica	Retiro de material extraño adherido al fruto y eliminación de microorganismos.
Pelado y pesaje	Masa de banano orito pelado	Tiempo	$k_{pel} = \frac{10 \text{ min} * \text{persona}}{1,5 \text{ kg}}$	Balanza	Retiro de cáscara y contabilización del material que ingresa al proceso.
Rebanado	Espesor de láminas de orito	Tiempo	Espesor = 2 – 4 mm	Calibrador	Facilita la operación de secado
Inmersión	Concentración de la disolución de ácido cítrico	Tiempo	0,25% de ácido cítrico t = 10 min	Medición volumétrica Cronómetro	Evitar el pardeamiento enzimático.
Secado	Temperatura	Tiempo	T = 60°C t = 5 h	Termómetro industrial Cronómetro	Deshidratación del fruto para conservar su vida útil.
Molienda y tamizado	Granulometría	Luz de malla	N° tamiz = 212 μm	Tamiz	Definir la granulometría
Envasado y sellado	Peso neto	Envases	Peso neto = 250 g	Balanza	Unidades de producto a la venta
Almacenado	Temperatura	Tiempo	T = 12 – 15 °C	Termómetro	Conservación de producto final

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.6 Cálculos de Ingeniería

3.6.1 Balance de masa y energía

Para realizar el balance de masa y energía es importante considerar la cantidad de orito que se desperdicia en la asociación, dicho dato es obtenido del registro que llevan a cabo los asociados, a continuación, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 25-3: Registro de orito rechazado

Fecha	Cantidad total (Kg)
2019-10-25	1345
2019-11-27	1368
2019-12-12	1338
2019-12-29	1355
2020-01-25	1359
Promedio	1353
Cantidad Total Mensual	6765

Fuente: ASOPROTAB, 2019.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En la tabla 25-3 se puede observar la cantidad de orito que se desperdicia y no es aprovechado de manera adecuada, esto debido al incumplimiento de los parámetros de calidad para la exportación. En consecuencia, la ASOPROTAB recolecta y exporta 5 veces al mes y cada envío deja como desperdicio un promedio de 1353 kg de banano orito, dando la cantidad total de 6765 kg al mes. Por lo tanto, para el procesamiento de esta fruta exótica esta última cantidad se divide para los 20 días que laborará la planta de la asociación, es decir cada día se procesará 338,25 kg de materia prima (1 lote de producción/día).

3.6.1.1 Balance de masa

Según Londoño (p. 4) indica que el balance de masa permite contabilizar el material que ingresa como alimentación y que sale como producto final, para lo cual se aplica la “ley de conservación de masa” mediante la ecuación siguiente:

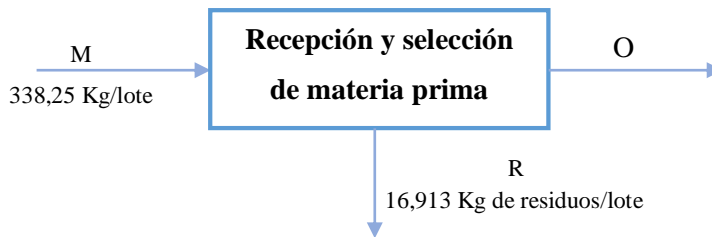
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada de} \\ \text{productos} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Generación de} \\ \text{materia} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Salida de} \\ \text{productos} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumulación de} \\ \text{materia} \end{array} \right\}$$

Considerando que no hay generación y acumulación de materia y por tratarse de un proceso en estado estacionario, la ecuación anterior establecida queda de la siguiente manera:

Entrada = Salida

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

En esta etapa se verificó que los oritos se encuentren en buen estado y libre de magulladuras o algún material extraño adherido al fruto, mediante pruebas de laboratorio se estima que hay una pérdida del 5%, en base a ello se calcula para 338,25 Kg/lote.



$$M = O + R$$

$$O = (338,25 - 16,913) \text{ Kg/lote}$$

$$O = 321,337 \text{ Kg de orito/lote}$$

Dónde:

M: Flujo másico de orito, (Kg/lote).

O: Flujo másico de orito apto para ser procesado, (Kg/lote).

R: Flujo másico de los residuos generados, (Kg/lote).

El rendimiento de la etapa es:

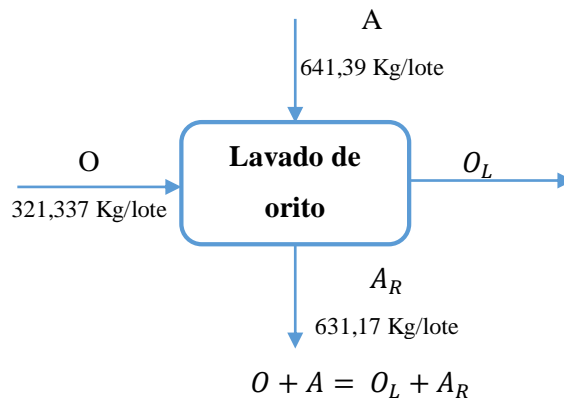
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo másico de orito apto para el proceso}}{\text{Flujo másico de orito}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{321,337 \text{ Kg/lote}}{338,25 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

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

- **Lavado**

El orito seleccionado se lavó con abundante agua potable (200%), a fin de garantizar la inocuidad de la materia prima. En esta etapa según los ensayos de laboratorio se da una pérdida del 1% debido a la eliminación de impurezas y material extraño adherido en el fruto.



Dónde:

A : Flujo másico de agua utilizado para el lavado de las frutas, (Kg/lote).

O_L : Flujo másico de orito lavado, (Kg/lote).

A_R : Flujo másico de agua residual generado más impurezas, (Kg/lote).

Masa de agua

$$A = \delta_a * V_a$$

$$A = 998 \frac{Kg}{m^3} * 2(321,337)L * \frac{1 m^3}{1000 L}$$

$$A = 641,39 Kg \text{ de agua}$$

Dónde:

δ_a : Densidad del agua a 20°C.

V_a : Volumen de agua utilizada, (L). (321,337 L)

Por tanto, el flujo másico de orito lavado es:

$$O_L = O + A - A_R$$

$$O_L = (321,337 + 641,39 - 631,17) Kg/lote$$

$$O_L = 331,56 Kg \text{ de orito lavado/lote}$$

El rendimiento que corresponde a la etapa de lavado es:

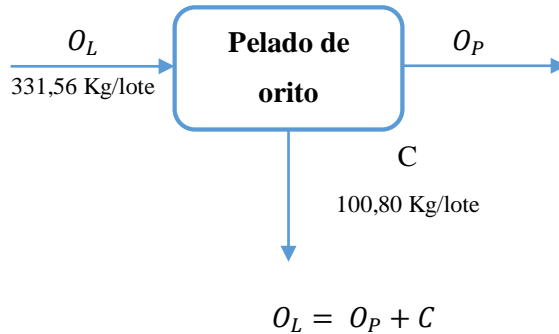
$$Rendimiento = \frac{331,56 Kg/lote}{321,337 Kg/lote} * 100\%$$

$$Rendimiento = 103,2\%$$

En la etapa de lavado, el flujo másico de orito aumenta en 3,2%, esto es debido a la cantidad de agua adherido en la fruta.

- **Pelado**

Con la ayuda de un cuchillo se le quitó la piel o cáscara que recubre la pulpa. A nivel de laboratorio de 1500 g de materia prima se obtuvo 447 g de cáscara de orito, por lo tanto haciendo la relación se tiene de 100,80 Kg de cáscara.



Dónde:

O_P : Flujo másico de orito pelado, (Kg/lote).

C : Flujo másico de cáscara de orito, (Kg/lote).

Por tanto, el balance de masa en la etapa de pelado es:

$$O_P = O_L - C$$

$$O_P = (331,56 - 100,80) \text{ Kg/lote}$$

$$O_P = 230,76 \text{ Kg/lote}$$

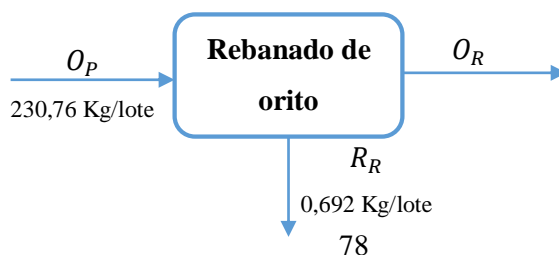
El rendimiento del proceso de pelado de orito es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{230,76 \text{ Kg/lote}}{331,56 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 69,6\%$$

- **Rebanado**

Según los ensayos realizados a nivel de laboratorio existe una pérdida del 0,3%.



$$O_P = O_R + R_R$$

Dónde:

O_P : Flujo másico de orito pelado, (Kg/lote).

O_R : Flujo másico de orito rebanado, (Kg/lote).

R_R : Flujo másico de residuos de la etapa de rebanado, (Kg/lote).

Por tanto, el balance de masa orito rebanado es:

$$O_R = O_P - R_R$$

$$O_R = (230,76 - 0,692) \text{ Kg/lote}$$

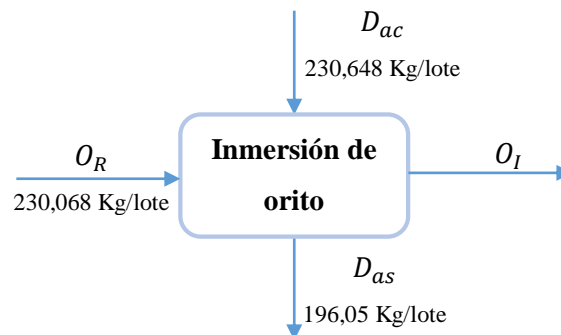
$$O_R = 230,068 \text{ Kg/lote}$$

El rendimiento del proceso de rebanado es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{230,068 \text{ Kg/lote}}{230,76 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 99,7\%$$

- **Inmersión en ácido cítrico**



$$O_R + D_{ac} = O_I + D_{as}$$

Dónde:

D_{ac} : Flujo másico de la disolución de ácido cítrico, (Kg/lote).

O_I : Flujo másico de orito sumergido en solución de ácido cítrico, (Kg/lote).

D_{as} : Flujo másico de la disolución de ácido sobrante, (Kg/lote).

Flujo másico de disolución de ácido cítrico:

Se requiere preparar una solución de ácido cítrico al 0,25 %.

$$D_{ac} = m_{ac} + m_{H_2O}$$

Dónde:

m_{ac} : Masa de ácido cítrico, (Kg).

m_{H_2O} : Masa de agua purificada, (Kg).

Masa de ácido cítrico:

Mediante los ensayos efectuados a nivel de laboratorio para tratar 500 g de muestra de orito se requiere de 1,25 g.

$$\begin{array}{l} 0,5 \text{ L} \rightarrow 1,25 \text{ g} \\ 230,068 \text{ L} \rightarrow X \\ x = 0,58 \text{ Kg de ácido cítrico} \end{array}$$

Masa de agua:

$$\begin{aligned} m_{H_2O} &= \delta_{H_2O} * V_{H_2O} \\ m_{H_2O} &= 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,5 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \\ m_{H_2O} &= 0,5 \text{ Kg de agua purificada} \end{aligned}$$

Dónde:

m_{H_2O} : Masa de agua, (Kg).

δ_{H_2O} : Densidad de agua purificada a 20°C, (Kg/m³).

V_{H_2O} : Volumen de agua purificada utilizada, (L).

Relación para encontrar la masa de agua a utilizar para el proceso:

$$\begin{array}{l} 0,5 \text{ L} \rightarrow 0,5 \text{ Kg} \\ X \rightarrow 230,068 \text{ Kg} \\ x = 230,068 \text{ L} = 230,068 \text{ Kg de agua purificada} \end{array}$$

Por lo tanto, el flujo másico de la disolución de ácido cítrico es:

$$D_{ac} = 0,58 \text{ Kg ac} + 230,068 \text{ Kg de agua purificada}$$

$$D_{ac} = 230,648 \text{ Kg/lote}$$

Flujo másico de disolución de ácido cítrico sobrante:

El flujo másico de la disolución de ácido cítrico sobrante se calcula utilizando la fórmula de la densidad, por lo que a nivel de laboratorio el volumen de disolución sobrante es de 425 ml.

$$\begin{array}{l} 0,5 \text{ L} \quad \rightarrow \quad 0,425 \text{ L} \\ 230,648 \text{ L} \quad \rightarrow \quad x \end{array}$$

$$x = 196,05 \text{ L de disolución de ácido cítrico sobrante}$$

- Densidad de la disolución

$$\begin{aligned} \delta_{dis} &= \frac{m_{dis}}{V_{dis}} \\ \delta_{dis} &= \frac{230,648 \text{ Kg}}{230,068 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}} \\ \delta_{dis} &= 1002,50 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el flujo másico de la disolución sobrante es:

$$\begin{aligned} m_{dis} &= \delta_{dis} * V_{dis-sob} \\ m_{dis} &= 1002,50 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 196,05 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \\ m_{dis} &= 196,54 \text{ Kg/lote} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el balance de masa para la etapa de inmersión queda:

$$\begin{aligned} O_I &= O_R + D_{ac} - D_{as} \\ O_I &= (230,068 + 230,648 - 196,54) \text{ Kg/lote} \\ O_I &= 264,176 \text{ Kg/lote} \end{aligned}$$

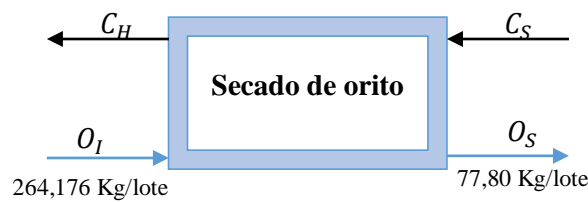
El rendimiento del proceso de inmersión es:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= \frac{264,176 \text{ Kg/lote}}{230,068 \text{ Kg/lote}} * 100\% \\ \text{Rendimiento} &= 115\% \end{aligned}$$

En esta etapa el rendimiento es del 115% debido a la inmersión de los oritos rebanados en la solución de ácido cítrico, pues como resultado de este proceso el orito rebanado adquiere humedad y por lo tanto el peso tiende a subir.

- **Secado**

Mediante ensayos de laboratorio se obtuvo 345 g de orito seco al emplear 1500 g de materia, pues en este caso al realizar la relación correspondiente se tiene 77,80 kg de orito seco/lote.



$$O_I + C_S = O_S + C_H$$

Dónde:

C_S : Flujo másico de aire de entrada, (Kg/lote).

O_S : Flujo másico de orito seco, (Kg/lote).

C_H : Flujo másico de aire de salida, (Kg/lote).

El porcentaje de humedad de aire a la entrada y salida del proceso de secado se determinó utilizando la carta psicométrica de humedad, encontrando los siguientes valores: 0,01019 kg de vapor de aire/kg de aire seco y 0,03019 kg de vapor de aire/kg de aire seco.

Flujo másico de aire seco

$$\begin{aligned}
 O_I * X_{OH} + M_{as} * Y_{CS} &= O_S * X_{OS} + M_{as} * Y_{CH} \\
 (264,176)(0,7038) + M_{as}(0,01019) &= (77,80)(0,083) + M_{as}(0,03019) \\
 185,9271 - 6,4574 &= 0,03019M_{as} - 0,01019M_{as} \\
 179,4697 &= 0,02M_{as} \\
 M_{as} &= 8973,485 \text{ kg/lote}
 \end{aligned}$$

Dónde:

M_{as} : Flujo másico de aire seco, (kg/lote).

X_{OH} : Humedad en la corriente de entrada de orito húmedo, (kg H₂O/kg Ss).

X_{OS} : Humedad en la corriente de salida de orito seco, (kg H₂O/kg Ss).

Y_{CS} : Humedad en la corriente de entrada de aire, (kg de vapor H₂O /kg de aire seco).

Y_{CH} : Humedad en la corriente de salida de aire, (kg de vapor H₂O/kg de aire seco).

Flujo másico de corriente de aire que ingresa al secador

$$C_S = M_{as} + M_{as} * Y_{CS}$$
$$C_S = 8973,485 \text{ kg/lote} + (8973,485 * 0,01019) \text{ kg/lote}$$
$$C_S = 9064,925 \text{ kg/lote}$$

Flujo másico de corriente de aire que sale del secador

$$C_H = M_{as} + M_{as} * Y_{CH}$$
$$C_H = 8973,485 \text{ kg/lote} + (8973,485 * 0,03019) \text{ kg/lote}$$
$$C_H = 9244,395 \text{ kg/lote}$$

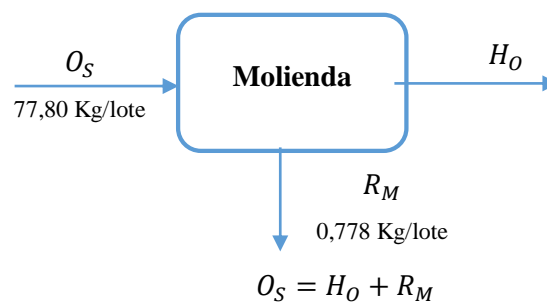
El rendimiento del proceso de secado es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{77,80 \text{ Kg/lote}}{264,167 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$
$$\text{Rendimiento} = 29,5\%$$

En la etapa de secado se obtuvo un rendimiento del 29,5%, debido a la eliminación de humedad contenido en el orito ya que este fruto presenta el 70,38% de humedad.

- **Molienda**

Según ensayos de laboratorio existe una pérdida del 1% al momento de realizar la molienda de orito seco.



Dónde:

H_O : Flujo másico de harina de orito, (Kg/lote).

R_M : Flujo másico de residuos generado en la etapa de molienda, (Kg/lote).

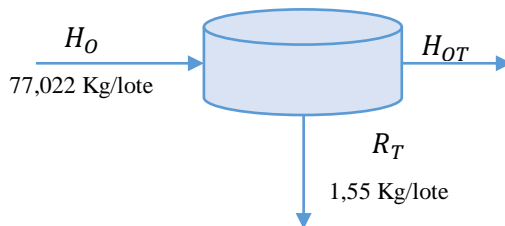
Por tanto, el flujo másico de harina de orito es:

$$\begin{aligned}H_O &= O_S - R_M \\H_O &= (77,80 - 0,778) \text{ Kg/lote} \\H_O &= 77,022 \text{ Kg/lote}\end{aligned}$$

El rendimiento de la operación de molienda es:

$$\begin{aligned}\text{Rendimiento} &= \frac{77,022 \text{ Kg/lote}}{77,80 \text{ Kg/lote}} * 100\% \\ \text{Rendimiento} &= 99\%\end{aligned}$$

- **Tamizado**



$$H_O = H_{OT} + R_T$$

Dónde:

H_{OT} : Flujo másico de harina de orito tamizado, (Kg/lote).

R_T : Flujo másico de residuos generado en la etapa de tamizado, (Kg/lote).

Por tanto, el flujo másico de harina de orito tamizado es:

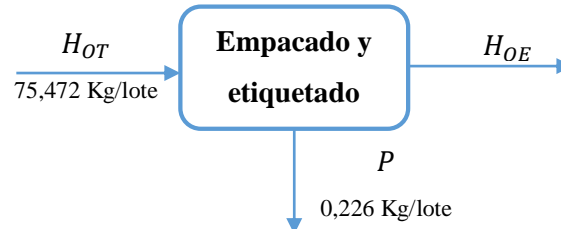
$$\begin{aligned}H_{OT} &= H_O - R_T \\H_{OT} &= (77,022 - 1,55) \text{ Kg/lote} \\H_{OT} &= 75,472 \text{ Kg/lote}\end{aligned}$$

El rendimiento del proceso de tamizado es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{75,472 \text{ Kg/lote}}{77,022 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

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

- **Empacado y etiquetado**



$$O_{OT} = H_{OE} + P$$

Dónde:

H_{OE} : Flujo másico de harina de orito empacado, (Kg/lote).

P : Flujo másico de pérdidas en la etapa de empacado, (Kg/lote).

Por tanto, el flujo másico de harina de orito listo para su almacenamiento es:

$$H_{OE} = H_{OT} - P$$

$$H_{OE} = (75,472 - 0,226) \text{ Kg/lote}$$

$$H_{OE} = 75,246 \text{ Kg/lote}$$

El rendimiento del proceso de empacado y etiquetado es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{75,246 \text{ Kg/lote}}{75,472 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 99,7\%$$

- **Rendimiento del proceso global**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo másico de harina de orito}}{\text{Flujo másico de banana orito}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{75,426 \text{ Kg/lote}}{338,25 \text{ Kg/lote}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 22,3\%$$

- Balance de masa global del proceso de obtención de harina de orito

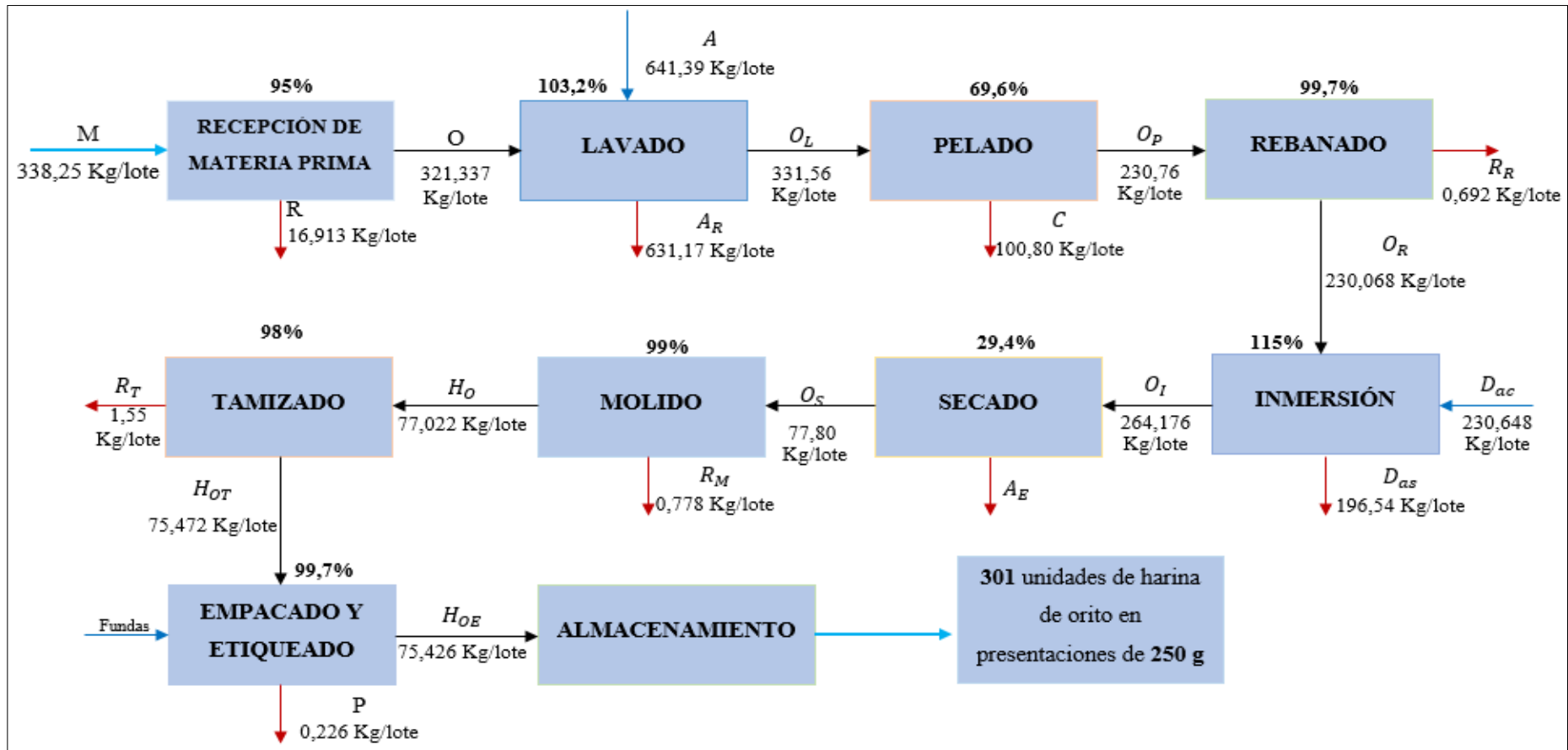


Gráfico 29-3: Balance global de masa del proceso de obtención de harina de orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

3.6.1.2 Balance de energía

Para realizar el balance de energía se aplica la “ley de conservación de energía” denominada también como la Ley de la Termodinámica, permitiendo así determinar la cantidad de energía que se intercambia y acumula en el sistema (Felder y Rousseau, 2004: pp. 313-319); para lo cual se establece la ecuación siguiente:

$$\text{Acumulación} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

La energía total de un sistema se expresa en tres formas de energía, así como la energía cinética, potencial e interna, considerando la ecuación anterior se tiene:

$$\Delta U + \cancel{\Delta E_k} + \cancel{\Delta E_p} = Q - \cancel{W}$$

Para un sistema cerrado en estado estacionario la ecuación anterior se deduce a la siguiente:

$$\Delta U = Q = \Delta H$$

- **Consideraciones para el balance de energía:**

Previo a realizar el balance de energía es importante efectuar ciertas consideraciones o tomar en cuenta los datos obtenidos experimentalmente para el cálculo respectivo.

Tabla 26-3: Datos experimentales para el balance de energía en el secador

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Temperatura de orito a la entrada del secador	T _{oe}	20	°C
Temperatura de orito a la salida del secador	T _{os}	28	°C
Temperatura de aire a la entrada del secador	T _{ae}	60	°C
Temperatura de aire a la salida del secador	T _{as}	35	°C
Flujo másico de orito a la entrada del secador	O _I	264,176	Kg/lote
Flujo másico de orito a la salida del secador	O _S	77,80	Kg/lote
Contenido de humedad de orito húmedo	X _{OH}	0,7038	(kg H ₂ O/kg Ss)
Contenido de humedad de orito seco	X _{OS}	0,083	(kg H ₂ O/kg Ss)
Contenido de humedad de aire a la entrada	Y _{CS}	0,01019	Kg de H ₂ O/kg de aire seco
Contenido de humedad de aire a la salida	Y _{CH}	0,03019	Kg de H ₂ O/kg de aire seco
Flujo másico de aire a la entrada	C _S	9064,925	Kg/lote
Flujo másico de aire a la salida	C _H	9244,395	Kg/lote

Fuente: Propia

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Tabla 27-3: Datos adicionales para el balance de energía

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Capacidad calorífica del vapor de agua a P=cte.	Cp_v	2,044	$KJ/Kg.°C$
Capacidad calorífica del aire a P=cte.	Cp_a	1,005	$KJ/Kg.°C$
Calor latente de vaporización de agua	ΔH_v	2501	KJ/Kg

Fuente: (Geankoplis, 1998; Alvarado y Clein, 2001)

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

- **Balance general de calor**

Considerando las pérdidas de calor, el balance entálpico del proceso de secado de orito queda expresado de la siguiente manera:

$$Q = \Delta H = \sum H_{Salida} - \sum H_{Entrada}$$

$$Q = (C_H H_{as} + O_S H_{OS}) - (C_S H_{ae} + O_I H_{OH})$$

Dónde:

C_S : Flujo másico de aire a la entrada del secador, (Kg/lote).

O_I : Flujo másico de orito sumergido en solución de ácido cítrico, (Kg/lote).

C_H : Flujo másico de aire a la salida del secador, (Kg/lote).

O_S : Flujo másico de orito seco, (Kg/lote).

H_{ae} : Entalpía de aire a la entrada del secador, (KJ/Kg).

H_{OH} : Entalpía de sólido a la entrada del secador, (KJ/Kg).

H_{as} : Entalpía de aire a la salida del secador, (KJ/Kg).

H_{OS} : Entalpía de sólido a la salida del secador, (KJ/Kg).

q : Calor que se debe suministrar, (KW).

Para determinar las entalpías correspondientes es importante calcular la capacidad calorífica de orito puesto que no se encuentra en información bibliográfica, para lo cual se utilizó una correlación matemática con el análisis proximal de orito mediante la ecuación establecida por (Heldman & Singh, 1981, p. 265):

$$Cp_o = 1,424X_C + 1,549X_P + 1,675X_G + 0,837X_A + 4,187X_H$$

$$Cp_o = 1,424 (0,2025) + 1,549 (0,0333) + 1,675 (0,013) + 0,837 (0,0092)$$

$$+ 4,187 (0,7038)$$

$$Cp_o = 3,316 \frac{KJ}{Kg * °C}$$

Dónde:

Cp_O : Capacidad calorífica de orito a presión constante, (KJ/Kg. °C).

X_C : Fracción másica de carbohidratos.

X_P : Fracción másica de proteínas.

X_G : Fracción másica de grasas.

X_A : Fracción másica de cenizas.

X_H : Fracción másica de humedad.

- Entalpía del sólido a la entrada del secador

$$H_{OH} = (Cp_O + Cp_a * X_{OH}) * T_{oe}$$
$$H_{OH} = (3,316 + (4,182)(0,7038)) \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} * 20^\circ C$$
$$H_{OH} = 125,186 \text{ KJ/kg}$$

Dónde:

Cp_O : Capacidad calorífica de orito a presión constante, (KJ/Kg. °C).

Cp_a : Capacidad calorífica de agua a 20°C, (KJ/Kg. °C). Dato obtenido de la tabla A.2.5 (Geankoplis, 1998, pp. 945).

X_{OH} : Contenido de humedad de orito húmedo, (Kg H₂O/Kg SS).

T_{oe} : Temperatura de orito a la entrada del secador, (°C).

- Entalpía de sólido a la salida del secador

$$H_{os} = (Cp_O + Cp_a * X_{os}) * T_{os}$$
$$H_{os} = (3,316 + (4,182) (0,083)) \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} * 28^\circ C$$
$$H_{os} = 91,578 \text{ KJ/Kg}$$

Dónde:

X_{os} : Contenido de humedad de orito seco, (Kg H₂O/Kg SS).

T_{os} : Temperatura de orito a la salida del secador, (°C).

- Entalpía del aire a la entrada del secador

Para determinar la entalpía de aire húmedo se expresa mediante la ecuación siguiente:

$$H_{ae} = (Cp_a + Cp_v Y_{CS}) * T_{ae} + Y_{CS} * \Delta H_v$$

$$H_{ae} = \left(1,005 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} + 2,044 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} * 0,01019 \right) * 60^\circ C + 0,01019 * 2501 \frac{KJ}{Kg}$$

$$H_{ae} = 87,035 \text{ KJ/Kg}$$

Dónde:

Cp_a : Capacidad calorífica del aire a presión constante, (KJ/Kg. °C).

Cp_v : Capacidad calorífica del vapor de agua a presión constante, (KJ/Kg. °C).

Y_{CS} : Contenido de humedad del aire a la entrada del secador, (Kg H₂O/Kg SS).

T_{ae} : Temperatura de aire a la entrada del secador, (°C).

ΔH_v : Calor latente de vaporización del agua, (KJ/Kg).

- Entalpía del aire a la salida del secador

$$H_{as} = (Cp_a + Cp_v Y_{CH}) * T_{as} + Y_{CH} * \Delta H_v$$

$$H_{as} = (1,005 + 2,044 * 0,03019) * 35 + 0,03019 * 2501$$

$$H_{as} = 112,839 \text{ KJ/Kg}$$

Dónde:

Y_{CS} : Contenido de humedad del aire a la salida del secador, (Kg H₂O/Kg SS).

T_{as} : Temperatura de aire a la salida del secador, (°C).

Por lo tanto, el calor que se requiere para secar el orito es:

$$Q = \left(77,80 \frac{kg}{lote} * 91,578 \frac{KJ}{kg} + 9244,395 \frac{kg}{lote} * 112,659 \frac{KJ}{kg} \right) - \left(264,176 \frac{kg}{lote} * 125,186 \frac{KJ}{kg} + 9064,925 \frac{kg}{lote} * 86,929 \frac{KJ}{kg} \right)$$

$$Q = 227513,063 \frac{KJ}{lote} * \frac{1 \text{ lote}}{5 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q = 12,64 \text{ KW}$$

3.6.2 Dimensionamiento del equipo básico

La principal operación para la obtención de harina de banano orito es el secado con la finalidad de eliminar parcial o completamente el agua presente en el banano orito mediante el uso de un secador que genera aire caliente, permitiendo alargar el tiempo de vida útil de la fruta, facilidad de transporte y brindar a los consumidores una variedad de productos altamente nutritivos, es así que es importante realizar el diseño correspondiente para llevar a cabo esta operación tomando en cuenta los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio. En esta operación ocurre transferencia de calor y materia de manera simultánea.

3.6.2.1 Secador de bandejas

Equipo destinado para la deshidratación de banano orito, consiste en un túnel que contiene varias bandejas donde se coloca el banano orito rebanado, además dispone de un ventilador que se encuentra al ingreso de la cámara para introducir el aire necesario para secar el sólido, tal como se puede observar en anexos (Anexo K). Previo al dimensionamiento del secador de bandejas es importante considerar ciertos parámetros y aspectos para garantizar que el diseño sea el más adecuado, a continuación, en la siguiente tabla se describen los aspectos considerados.

Tabla 28-3: Consideraciones para dimensionar el secador de bandejas

Descripción	Valor	Unidad
Capacidad de la Cámara	10	<i>Kg</i>
Densidad del orito	1175,67	<i>Kg/m³</i>
Volumen máximo de 10 kg de orito	10,2	<i>L</i>
Número de bandejas	5	–
Capacidad por bandeja	2	<i>Kg</i>
Volumen del producto en cada bandeja	2,04	<i>L</i>
Espacio entre bandejas	10	<i>cm</i>
Altura de las bandejas	3	<i>cm</i>
Espesor de los niveles	0,5	<i>cm</i>
Espesor mínimo del orito	0,003	<i>m</i>
Espesor máximo del orito	0,004	<i>m</i>
Espacio del ventilador	0,04	<i>m</i>
Espesor del material	3	<i>mm</i>
Espesor de tapa	3	<i>mm</i>
Espesor de la lana de vidrio	0,04	<i>m</i>
Espesor de las resistencias	0,12	<i>m</i>

Fuente: Propia.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

- Carga de sólidos sobre las bandejas

$$\frac{L_S}{A} = \delta_o * e_o$$

$$\frac{L_S}{A} = \left(1175,67 \frac{Kg}{m^3} \right) * 0,004 m$$

$$\frac{L_S}{A} = 4,70 Kg/m^2$$

Dónde:

$\frac{L_S}{A}$: Carga de sólidos sobre las bandejas, (Kg/m^3).

δ_o : Densidad del orito, (Kg/m^3).

e_o : Espesor máximo de orito, (m).

- Área total de las bandejas

$$A_{TB} = \frac{C_c}{\frac{L_S}{A}}$$

$$A_{TB} = \frac{10 Kg}{4,70 Kg/m^2}$$

$$A_{TB} = 2,12 m^2$$

Dónde:

A_{TB} : Área total de las bandejas, (m^2).

C_c : Capacidad de la cámara, (Kg).

- Área de bandeja individual

$$A_{BI} = \frac{A_{TB}}{N_B}$$

$$A_{BI} = \frac{2,12 m^2}{5}$$

$$A_{BI} = 0,42 m^2$$

Dónde:

A_{BI} : Área de bandeja individual, (m^2).

N_B : Número de bandejas.

De acuerdo a los requerimientos de manufactura para una bandeja de forma rectangular con 0,42 m^2 se establece las dimensiones siguientes:

Longitud (L_B) = 0,5 m = 19,69 pulg

Ancho (a_B) = 0,4 m = 15,75 pulg

- Espesor de las bandejas

Tabla 29-3: Características del material (acero inoxidable AISI 304)

Descripción	Valor	Símbolo	Unidad
Resistencia a la tracción	50-70	R_t	(Kg/mm ²)

Fuente: (Ingemecanica, sf.).

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

$$E_D = \frac{F_m * a_B^2}{e_m^2}$$

Dónde:

E_D : Esfuerzo de diseño, (lb/pulg²).

F_m : Fuerza máxima a la cual están sometidas las bandejas, (lb/pulg²).

a_B : Ancho de las bandejas, (pulg).

e_m : Espesor del material. (Acero inoxidable AISI 304).

Fuerza máxima a la cual están sometidas las bandejas

$$F_m = \frac{C_B * g}{a_B * L_B}$$

$$F_m = \frac{2 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2}{0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}$$

$$F_m = 98 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,0142 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \rightarrow (\text{Psi})$$

Dónde:

C_B : Capacidad por bandeja, (2 Kg).

g : Gravedad, (9,8 m/s²).

a_B : Ancho de las bandejas, (pulg).

L_B : Longitud de las bandejas, (m).

Esfuerzo de diseño

$$E_D = \frac{R_{TM}}{F_S}$$

$$E_D = \frac{1705 \text{ lb/pulg}^2}{1,5}$$

$$E_D = 1136,66 \text{ lb/pulg}^2 \rightarrow \text{Psi}$$

Dónde:

R_{TM} : Resistencia a la tracción de acero inoxidable AISI 304, (lb/pulg²).

F_S : Factor de seguridad, (1,5).

Por tanto, el espesor del material es:

$$e_m^2 = \frac{F_m * a_B^2}{E_D}$$

$$e_m^2 = \frac{(0,0142 \text{ Psi}) * (15,75 \text{ pulg})^2}{1136,66 \text{ Psi}}$$

$$e_m = 0,055 \text{ pulg} = 1,41 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

Se aproxima a 2 mm a fin de evitar problemas al momento de construir las bandejas.

- Volumen de las bandejas

$$V_B = V_b + V_a + V_l$$

Dónde:

V_B : Volumen de las bandejas, (m³).

V_b : Volumen de la base de la bandeja, (m³).

V_a : Volumen del petril ancho de la bandeja, (m³).

V_l : Volumen del petril largo de la bandeja, (m³).

Volumen de la base de la bandeja

$$V_b = a_B * L_B * e_B$$

$$V_b = 0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$

$$V_b = 0,0004 \text{ m}^3$$

Dónde:

a_B : Ancho de las bandejas, (m).

L_B : Longitud de la bandeja, (m).

e_B : Espesor de la bandeja, (m).

Volumen de petril ancho de la bandeja

$$V_a = a_B * h_B * e_B$$
$$V_a = 0,4 * 0,03 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$
$$V_a = 0,000024 \text{ m}^3$$

Dónde:

h_B : Altura de la bandeja, (m).

e_B : Espesor de la bandeja, (m).

Volumen de petril largo de la bandeja

$$V_l = L_B * h_B * e_B$$
$$V_l = 0,5 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$
$$V_l = 0,00003 \text{ m}^3$$

Dónde:

L_B : Longitud de la bandeja, (m).

h_B : Altura de la bandeja, (m).

Por tanto, el volumen de las bandejas es:

$$V_B = 0,0004 \text{ m}^3 + 0,000024 \text{ m}^3 + 0,00003 \text{ m}^3$$
$$V_B = 0,000454 \text{ m}^3$$

- Masa de las bandejas

$$\delta_m = \frac{M_B}{V_B}$$
$$M_b = \delta_m * V_B$$
$$M_b = 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,000454 \text{ m}^3$$
$$M_b = 3,54 \text{ Kg}$$

Dónde:

M_B : Masa de la bandeja, (Kg).

δ_m : Densidad del acero inoxidable AISI 304, (Kg/m^3).

V_B : Volumen de la bandeja, (m^3).

- Longitud de la cámara interna

$$L_{CI} = L_B + 0,10 L_B$$

$$L_{CI} = 0,50 \text{ m} + 0,10(0,50 \text{ m})$$

$$L_{CI} = 0,55 \text{ m} = 55 \text{ cm}$$

Dónde:

L_{CI} : Longitud de la cámara interna, (m).

L_B : Longitud de las bandejas, (m).

- Ancho de la cámara interna

$$a_{CI} = a_B + 0,10 a_B$$

$$a_{CI} = 0,40 \text{ m} + 0,10(0,40 \text{ m})$$

$$a_{CI} = 0,44 \text{ m} = 44 \text{ cm}$$

Dónde:

a_{CI} : Ancho de la cámara interna, (m).

a_B : Ancho de las bandejas, (m).

- Altura de la cámara interna

$$h_{CI} = N_B * h_B + 6 * esp_B$$

$$h_{CI} = 5 * (0,03\text{m}) + 6 * (0,1\text{m})$$

$$h_{CI} = 0,75\text{m} = 75\text{cm}$$

Dónde:

h_{CI} : Altura de la cámara interna, (m).

N_B : Número de bandejas.

h_B : Altura de las bandejas, (m).

esp_B : Espesor de las bandejas, (m).

- Área de la cámara interna

$$A_{CI} = 2 (a_{CI} * h_{CI} + L_{CI} * h_{CI} + a_{CI} * L_{CI})$$

$$A_{CI} = 2 (0,44 * 0,75 + 0,55 * 0,75 + 0,44 * 0,55)\text{m}$$

$$A_{CI} = 1,97 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_{CI} : Área de la cámara interna, (m).

a_{CI} : Ancho de la cámara interna, (m).

h_{CI} : Altura de la cámara interna, (m).

L_{CI} : Longitud de la cámara interna, (m).

- Volumen de la cámara interna

$$\begin{aligned}V_{CI} &= a_{CI} * h_{CI} * L_{CI} \\V_{CI} &= 0.44 \text{ m} * 0.75 \text{ m} * 0.55 \text{ m} \\V_{CI} &= 0.181 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dónde:

V_{CI} : Volumen de la cámara interna, (m^3).

- Longitud de la cámara externa

$$\begin{aligned}L_{CE} &= L_{CI} + esp_T + 2 * (esp_m) + E_v \\L_{CE} &= 0.55 \text{ m} + 0.003 \text{ m} + 2 * (0.003 \text{ m}) + 0.04 \text{ m} \\L_{CE} &= 0.60 \text{ m} = 60 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dónde:

L_{CE} : Longitud de la cámara externa, (m).

esp_T : Espesor de tapa, (m).

esp_m : Espesor del material, (m).

E_v : Espacio del ventilador, (m).

- Ancho de la cámara externa

$$\begin{aligned}a_{CE} &= a_{CI} + 4 * (esp_m) + 2 * (esp_l) \\a_{CE} &= 0.44 \text{ m} + 4 * (0.003 \text{ m}) + 2 * (0.04 \text{ m}) \\a_{CE} &= 0.532 \text{ m} = 53 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dónde:

a_{CE} : Ancho de la cámara externa, (m).

a_{CI} : Ancho de la cámara interna, (m).

esp_l : Espesor de la lana de vidrio, (m).

- Altura de la cámara externa

$$h_{CE} = h_{CI} + esp_R + esp_l + 4 * (esp_m)$$

$$h_{CE} = 0.75 \text{ m} + 0.12 \text{ m} + 0.04 \text{ m} + 4 * (0.003 \text{ m})$$

$$h_{CE} = 0.922 \text{ m} = 92 \text{ cm}$$

Dónde:

h_{CI} : Altura de la cámara interna, (m).

esp_R : Espesor de las resistencias, (m).

- Área de la cámara externa

$$A_{CE} = 2 * (a_{CE} * h_{CE} + L_{CE} * h_{CE} + a_{CE} * L_{CE})$$

$$A_{CE} = 2 * (0.53 * 0.922 + 0.6 * 0.922 + 0.532 * 0.6) \text{ m}$$

$$A_{CE} = 2.72 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_{CE} : Área de la cámara externa, (m^2).

- Volumen de la cámara externa

$$V_{CE} = a_{CE} * h_{CE} * L_{CE}$$

$$V_{CE} = 0.53 \text{ m} * 0.92 \text{ m} * 0.60 \text{ m}$$

$$V_{CE} = 0.30 \text{ m}^3 * 1.5$$

$$V_{CE} = 0.45 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{CE} : Volumen de la cámara externa, (m^3).

a_{CE} : Ancho de la cámara externa, (m).

h_{CE} : Altura de la cámara externa, (m).

L_{CE} : Longitud de la cámara externa, (m).

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Caracterización de materia prima (banano orito)

4.1.1 Caracterización física de materia prima

La caracterización física de banano orito (*Musa Acuminata AA*) se fundamenta en detallar el aspecto, tamaño que presenta el fruto, en el cual se analizó a 10 unidades de orito, obteniendo los siguientes resultados:

Forma:



Fotografía 1-4: Diferentes formas de banano orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En la figura 1-4 se muestran las diferentes formas que presenta el banano orito, se caracteriza por ser un fruto pequeño con extremos redondeados y tiene forma de cilindro, por lo cual la materia prima a ser procesada cumple con lo establecido por Valencia (2012).

Dimensiones:

Durante la caracterización física se determinó los siguientes parámetros: longitud, peso, calibre y color de banano orito, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: Características físicas de banano orito

Muestra	Peso (g)	Longitud (cm)	Calibre (cm)	Color
1	96	9.9	3.45	Verde claro (Nivel 2 de madurez).
2	63	9.6	2.85	
3	69	8.6	3.15	
4	65	9.5	3.4	
5	80	11.8	3.75	
6	75	10.8	2.8	
7	80	8.8	3.02	
8	85	11.45	3.65	
9	89	9.8	3.75	
10	80	8.9	2.85	
Promedio	78,2	9,92	3,65	

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Conforme a los resultados obtenidos en la tabla 1-4 se obtuvo que al evaluar 10 oritos dio un peso promedio de 78,2 g, longitud promedio de 9,92 cm y con un calibre promedio de 3,65 cm, dichos valores se encuentran dentro los intervalos establecido en la tabla 3-2, por lo que se indica que la materia prima cumple con las características establecidas.

4.1.2 Caracterización química de banano orito

Dentro de la caracterización química se determinó parámetros como: humedad, pH, materia seca, cenizas, fibra, grasa, proteína, azúcares totales y carbohidratos, los resultados que se indican en la tabla 2-4 se encuentra en anexos. (Ver Anexo A y B)

Tabla 2-4: Determinación de las características química de la materia prima

Parámetros	Método de ensayo	Resultados	Unidad
Humedad	INEN 1235	70,38	%
pH	Potenciométrico	6,67	-
Materia seca	INEN 1235	29,62	%
Cenizas	INEN 401	0,92	%
Fibra	INEN 522	1,12	%
Grasa	INEN 523	1,30	%
Proteína	INEN 1670	3,33	%
Azúcares totales	INEN 398	4,7	%
Carbohidratos	-	20,25	%
Vitamina B6	HPLC	0,29	mg/100 g

Fuente: SAQMIC; LABOLAB.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo a la tabla 2-4 se puede destacar que la humedad de orito es de 70,38%, esto indica que la mayor parte de su contenido es agua; con pH de 6,67, valor que se aproxima a un pH neutro siendo ideal para su procesamiento, cabe mencionar que el pH suele cambiar debido al grado de maduración, es decir mientras mayor sea el grado de maduración su pH tiende a ser ácido; materia seca de 29,62%, valor que corresponde a la cantidad de material sólido presente en el fruto, este valor concuerda con el porcentaje de humedad; con proteína de 3,33%, fibra de 1,12, cenizas de 0,92%, grasa de 1,30%, azúcares totales de 4,7%, carbohidratos de 20,25% y vitamina B6 de 0,29 mg/100 g, estos últimos parámetros son específicos de la fruta, por lo cual no existen valores referenciales.

4.2 Resultados de la determinación de inhibidor enzimático

4.2.1.1 Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico, y la combinación, temperatura de secado 40°C



Fotografía 2-4: Muestras de oritos secos a 40°C

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Como se puede observar en la fotografía 2-4, las tres muestras de oritos seco presentan una coloración café oscuro, esto al aplicar la temperatura de 40°C de secado y las soluciones de ácido cítrico, ascórbico y la combinación de los dos respectivamente, por lo que se deduce que el color se ve influenciado directamente por la temperatura de secado, siendo descartado debido al incumplimiento de esta característica.

4.2.1.2 Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico, y la combinación, temperatura de secado 50°C



Fotografía 3-4: Muestras de oritos secos a 50°C

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En la fotografía 3-4 se observa que la coloración de los oritos secos es menor en comparación con el tratamiento a 40°C, sin embargo la muestra tratada con solución de ácido ascórbico presenta una coloración café oscuro más acentuada con respecto a las otras muestras, por lo cual para el siguiente tratamiento se considera únicamente los dos inhibidores que resultaron más eficaces. Al igual que en el epígrafe anterior la temperatura influye directamente en el color de orito seco.

4.2.1.3 Muestras sumergida en soluciones de ácido cítrico, ascórbico y la combinación, temperatura de secado a 60°C



Fotografía 4-4: Muestras de oritos secos a 60°C

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En la figura 4-4 se puede observar que la muestra de orito seco tratados con solución de ácido cítrico es la que no presenta coloración, caso que no sucede con las otras dos muestras, por lo que para el presente proyecto se considera utilizar como inhibidor enzimático la solución de ácido

cítrico al 0,25%, siendo ideal para evitar el pardeamiento enzimático ocasionado por las enzimas polifenoloxidasas que se encuentran presentes en el banano orito.

4.3 Validación del proceso mediante caracterización bromatológica y microbiológica de harina de orito

Con la finalidad de asegurarnos que la harina de orito obtenido a nivel de laboratorio es un producto de calidad y cumple con los parámetros que rige los estándares de calidad se realizó la respectiva caracterización bromatológica y microbiológica, esto conforme a la normativa NTE INEN 616:2015. Harina de trigo. Requisitos. El análisis se realizó en el Laboratorio LABOLAB de la ciudad de Quito.

4.3.1 Caracterización bromatológica de harina de orito

Para asegurar la calidad alimenticia y seguridad del producto final se determinaron los parámetros bromatológicos de la harina de orito, dichos resultados se encuentran en Anexo C y E.

Tabla 3-4: Parámetros bromatológicos de harina de orito

Parámetro	Método	Unidad	Resultados	INEN 616 Para todo uso	Revisión bibliográfica
Humedad	PEE/LA/02 INEN ISO 712	%	8,30	14,5, máx.	7,03
Proteína	PEE/LA/01 INEN ISO 20483	%	3,68	9, mín.	3,89
Carbohidratos totales	Cálculo	%	85,14	-	86,97
Fibra	INEN 522	%	0,00	-	
Grasa	PEE/LA/05 INEN ISO 11085	%	0,77±0,05	2, máx.	0,31
Ceniza	PEE/LA/03 INEN 520	%	2,11±0,03	0,8 máx.	1,8
pH (20°C)	PEE/LA/10 INEN 526	-	5,55±0,08	-	5,52
Azúcares totales	HPLC	%	11,38	-	-
Fructosa	HPLC	%	3,44	-	-
Glucosa	HPLC	%	4,37	-	-
Sacarosa	HPLC	%	3,57	-	-
Lactosa	HPLC	%	0,00	-	-

Vitamina B6	HPLC	mg/100 g	0,12	-	-
Vitamina C	HPLC	mg/100 g	2,64	-	-

Fuente: LABOLAB.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

De acuerdo a la tabla 3-4, la harina de orito obtenido a nivel de laboratorio presenta una humedad del 8,30%, proteína 3,68%, carbohidratos totales 85,14, grasa 0,77%, ceniza 2,11%, pH 5,55, azúcares totales 11,38%, vitamina C y vitamina B6, debido a la inexistencia de una norma específica para este producto se realizó la comparación en base a la NTE INEN 616. Harina de trigo. Requisitos, cuyos resultados indican que la humedad, ceniza y grasa se encuentran dentro de rango que exige la normativa y a fin de evaluar los otros parámetros se realizó una comparación con los datos encontrados en el estudio de Valencia (2018, pp. 59-60), obteniéndose que los valores encontrados son similares ya que se trata de una fruta exclusiva, siendo aceptable para ser comercializado y apto para consumo humano. Cabe mencionar que el pH suele variar debido al uso de ácido cítrico como inhibidor enzimático en el proceso de elaboración, sin embargo, no afecta en la composición nutricional del producto final.

4.3.2 Caracterización microbiológica de harina de orito

A continuación, se indica los parámetros microbiológicos analizados de harina de orito, también se puede observar en el Anexo E.

Tabla 4-4: Parámetros microbiológicos de harina de orito

Parámetro	Método	Unidad	Resultado	Límite	
				Mín.	Máx.
Recuento de aerobios mesófilos	PEEMi/LA/01 INEN ISO 4833	UFC/g	1,1x10 ⁴	-	1x10 ⁵
Recuento de coliformes totales	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	UFC/g	<10	-	-
Recuento Escherichia coli	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	UFC/g	<10	<10	-
Recuento de mohos	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	UFC/g	2,2x10 ²	1x10 ³	1x10 ⁴
Recuento de levaduras	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	UFC/g	<10	-	-
Detección de salmonella spp	PEEMi/LA/05 INEN ISO 6579	Ausencia/ Presencia 25 g	No detectado	Ausencia	

Fuente: LABOLAB.

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

En la tabla 4-4 se indican los parámetros microbiológicos de harina de orito analizados, el cual al comparar con los valores establecidos por la NTE INEN 616. Harina de trigo. Requisitos microbiológicos, se puede contrastar que presentan aerobios mesó filos $1,1 \times 10^4$, coliformes totales y fecales <10 encontrándose dentro del rango dado por la norma, existe ausencia de salmonella spp, pero el recuento de mohos se encuentra fuera del límite permisible mínimo, sin embargo (Carrillo, 2007, pp. 86-87) indica que la microbiota normal de las harinas y sémolas de cereales contiene mohos ($<10^2 - 10^4/g$), por tanto, el producto final obtenido es apto para su comercialización y consumo ya que garantiza la inocuidad del mismo.

4.4 Proceso de producción

El proceso industrial de obtención de harina de orito propuesto para la Asociación de Producción Agropecuaria Tablas de la Florida (ASOPROTABF) es un proceso que se efectuará por lotes, es decir un lote de producción por día.

4.4.1 *Determinación de las operaciones unitarias, variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito*

Habiendo realizado los ensayos de laboratorio y determinado el inhibidor enzimático y la temperatura de secado óptimo se logró identificar las operaciones unitarias, variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito, a continuación se describe cada uno de ellos:

4.4.2 *Resultados del dimensionamiento de equipos*

Para la propuesta tecnológica de obtención de harina a partir de orito se realizó el dimensionamiento únicamente un secador de bandejas, pues para ello se tomó en cuenta la cantidad de materia prima por lote que se requiere procesar, a continuación se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5-4: Dimensiones del secador de bandejas

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
BANDEJA INDIVIDUAL			
Longitud de la bandeja	L_B	0,5	m
Ancho de la bandeja	a_B	0,40	m
Espesor de la bandeja	e_B	2	mm
Área individual de la bandeja	A_{BI}	0,42	m^2

Volumen individual de la bandeja	V_{BI}	0.000454	m^3
CÁMARA INTERNA DEL SECADOR			
Longitud de la cámara interna	L_{CI}	0,55	m
Ancho de la cámara interna	a_{CI}	0,44	m
Altura de la cámara interna	h_{CI}	0,75	m
Área de la cámara interna	A_{CI}	1,97	m^2
Volumen de la cámara interna	V_{CI}	0,181	m^3
CÁMARA EXTERNA DEL SECADOR			
Longitud de la cámara externa	L_{CE}	0,60	m
Ancho de la cámara externa	a_{CE}	0,532	m
Altura de la cámara externa	h_{CE}	0,922	m
Área de la cámara externa	A_{CE}	2,72	m^2
Volumen de la cámara externa	V_{CE}	0,45	m^3

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.4.3 Operaciones unitarias del proceso para la obtención de harina de orito

La transformación de banano orito hasta la obtención de harina de orito, requiere de una serie de operaciones unitarias, entre las que sobresalen son las siguientes:

4.4.3.1 Secado

Es la operación unitaria de mayor relevancia, permite la eliminación parcial o total el contenido de humedad presente en el banano orito, esto al ser sometido en un equipo de secado. La temperatura para secar banano orito es de 60°C, constituyéndose el valor más óptimo para llevar a cabo dicho proceso.

4.4.3.2 Molienda y tamizado

Consiste en reducir el tamaño del material sólido, en este caso el orito seco, permitiendo así la obtención de un polvo de partículas finas, pues para conseguir este fin es necesario utilizar un molino.

4.4.4 Variables y parámetros del proceso para la obtención de harina de orito

Durante el proceso de obtención de harina de orito se ha encontrado variables y parámetros muy importantes que hay que considerar y llevar a cabo un control estricto, esto permitirá garantizar un producto de calidad y con propiedades nutricionales.

4.4.4.1 Temperatura de secado

Es el parámetro que genera mayor énfasis de control, puesto que el banano orito presenta una humedad inicial de 70,38%, el cual mediante el proceso de secado debe alcanzar a un valor menor o igual a 14%, esto en base a lo que establece la norma NTE INEN 616: 2015. Harina de trigo. Requisitos. Por lo tanto, mediante ensayos de laboratorio resultó que la temperatura óptima para llevar a cabo el proceso de secado de orito es a 60°C, debido a que a este valor se logra alcanzar este fin.

4.4.4.2 Tiempo de secado

Es otra de las variables que requiere tener mayor control por el consumo energético que se requiere para llevar a cabo este proceso, ya que en la mayoría de los casos define la eficiencia del proceso, el banano orito por presentar el 70,38% de humedad necesita un tiempo de 5 h para alcanzar una humedad de 8,30%, esto conforme a pruebas experimentales.

4.4.4.3 Inhibidor enzimático

El tipo de inhibidor enzimático influye directamente en el aspecto del producto, por lo que según los ensayos se encontró que el inhibidor que mantiene el color inicial de orito es cuando se emplea una solución de ácido cítrico al 0,25%, constituyéndose así un factor indispensable en el proceso de obtención de orito. El principal objetivo de esta sustancia es evitar el pardeamiento enzimático ocasionado por las enzimas polifenoloxidasas que se encuentran en el fruto, cambiando a una coloración café oscuro.

4.4.4.4 Tiempo de inmersión

Por lo general, el orito rebanado debe estar sumergido en la solución de ácido cítrico (0,25%) durante un período de 10 min, puesto que si se deja mayor tiempo en la solución, sobre las rodajas de orito se forman láminas haciendo que el espesor de orito rebanado aumente, por lo que el tiempo de secado sería mucho mayor a lo esperado, y por lo tanto el consumo energético también sería mayor; si el tiempo de inmersión es menor, en este caso las enzimas presentes en la muestra de orito podrían activarse, lo que generarían que la muestra adquiriera coloración, es por ello la importancia de realizar un control adecuado de esta variable.

4.4.4.5 Granulometría

El análisis granulométrico de harina de orito es un factor clave para ser comercializado, en base a la norma NTE INEN 616: 2015. Harina de trigo. Requisitos (tomada como referencia ya que no existe una norma específica para harina de orito), establece que el 95% de partículas de harina de orito debe pasar por un tamiz de 212 μm .

4.4.5 Materia prima, aditivos e insumos

La cantidad de materia prima considerado para el proceso de producción de harina de orito es de 338,25 kg, esta cantidad es destinada para un lote de producción, y de igual manera los aditivos e insumos necesarios es conforme a la materia prima empleada, a continuación, se describe en la siguiente tabla:

Tabla 6-4: Materia prima, aditivos e insumos para la obtención de harina de orito

Materia prima			Cantidad	Unidad
	Banano orito en estado de maduración 2.		338,25	Kg/lote.
Aditivos	Inhibidor enzimático	Ácido cítrico	0,58	Kg/lote.
Insumos	Fundas plásticas	De 250 g	301	Unidades/lote
	Etiquetas		301	Unidades/lote

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.4.6 Diagrama del proceso de producción de harina de orito

Habiendo determinado el tratamiento más idóneo para obtener harina de orito, las variables y parámetros que se requieren controlar durante el proceso de producción, se describe el diagrama en el que indica el proceso que se debe seguir para obtener una harina con las mejores características y productos altamente nutritivos.

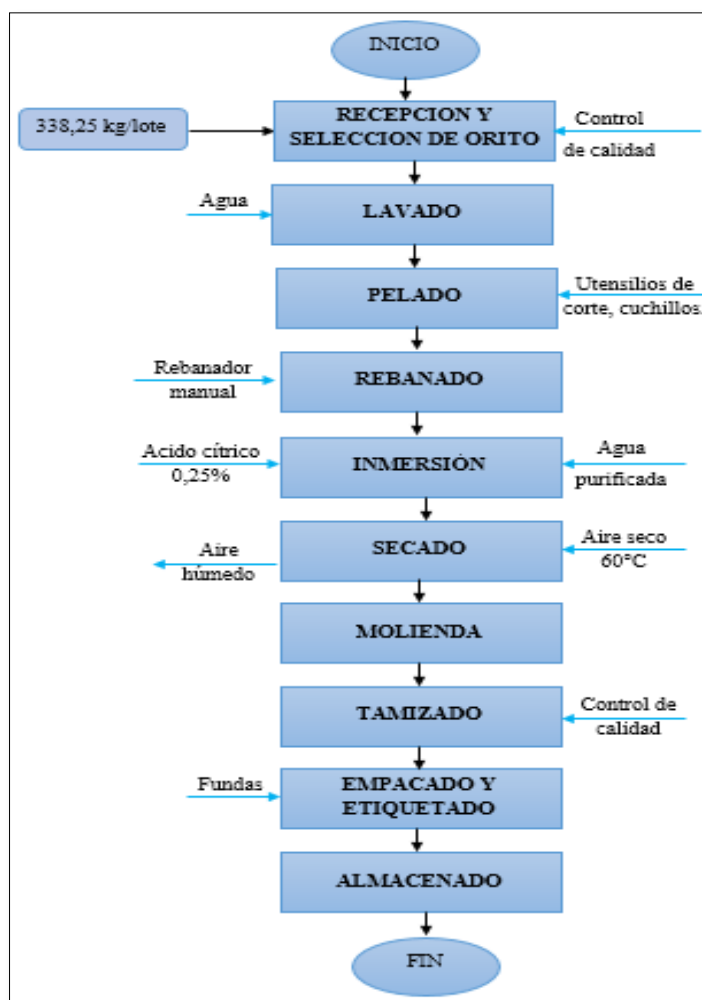


Gráfico 1-4: Diagrama del proceso de producción de harina de orito

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.4.6.1 Descripción del proceso de producción de harina de orito

Recepción y selección de orito: consiste en recibir la cantidad de 338,25 kg de orito procedente de la Asociación (ASOPROTABF), dicha materia prima debe ser previamente pesada, esto permitirá llevar un control de calidad adecuado para la obtención de un producto de calidad. También es importante verificar que la fruta presente un color de nivel 2 (color verde claro), y adicionalmente se realiza la eliminación de la fruta que no es apta para el procesamiento.

Lavado: el orito seleccionado se procede a lavar con abundante agua a fin de eliminar por completo las impurezas y material extraño adherido en la fruta. Adicionalmente se debe adicionar hipoclorito de sodio a una concentración de 50 mg/L, lo cual permitirá conseguir un producto inocuo.

Pelado: mediante la ayuda de un cuchillo o utensilios que permitan realizar la etapa de pelado se elimina o se quita la cáscara que recubre la pulpa de orito, siendo indispensable aplicar las buenas prácticas de manufactura.

Rebanado: consiste en realizar cortes en diámetros o láminas de 2 – 4 mm, esto garantizará que el proceso de secado se lleve a cabo de manera óptima y en el menor tiempo.

Inmersión: consiste en sumergir la muestra de banano orito rebanado en la solución de ácido cítrico al 0,25%, con la finalidad de evitar el pardeamiento enzimático, es decir, para prevenir la coloración de la fruta, garantizando así que el aspecto del producto final no se vea afectado para su comercialización. El tiempo que debe permanecer en la solución es de 10 min, una vez transcurrido ese período se debe colocar en un cernidor para que no se concentre mayor cantidad de humedad o a su vez puede formarse láminas de la solución sobre el orito, lo que posteriormente dificultaría el secado por el espesor de los oritos rebanados.

Secado: el orito procedente de la etapa anterior es ingresado a un secador para llevar a cabo la operación de secado, la temperatura de aire seco que debe ser suministrado es de 60°C y el proceso se debe efectuar durante un tiempo de 5 h.

Molienda: mediante la ayuda de un molino se procede a realizar el molido de orito seco con la finalidad de disminuir el tamaño de partículas, dando lugar a la obtención de harina de orito. Según la norma NTE INEN 616:2015. Harina de trigo. Requisitos, indica que debe alcanzar un diámetro de 0,127 mm.

Tamizado: consiste en hacer pasar la harina de orito obtenida a través de un tamiz vibratorio con la finalidad de conseguir una harina de composición homogénea y granulometría definida, según la NTE INEN 616:2015, indica que debe pasar por una luz de malla de 212 μm .

Empacado y etiquetado: la harina de orito obtenida del proceso anterior se procederá a envasar en presentaciones de 250 g. Adicionalmente se encontrará la información nutricional que presenta dicho producto. (Ver Anexo G).

Almacenamiento: una vez obtenido el producto final se procederá a colocar en un lugar fresco, seco y las condiciones adecuadas para su conservación.

4.4.7 Capacidad de producción

La producción se efectuará por lotes, por lo que cada lote se alimentará con un flujo másico de 338,25 kg de orito diario, para que pueda ser comercializado se consideró que cada unidad tendrá una presentación de 250 g, a continuación, se indica el diagrama:

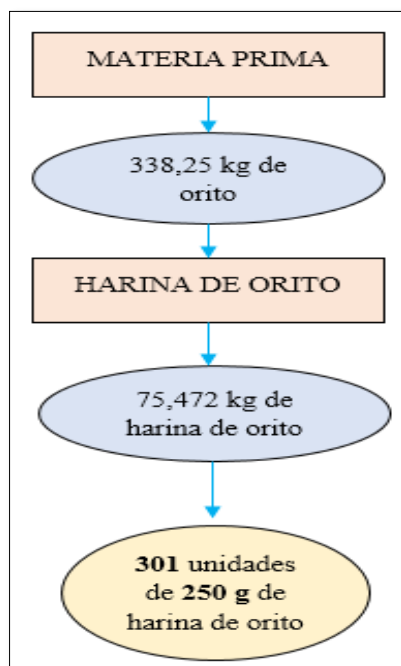


Gráfico 2-4: Capacidad de producción por lote
Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.4.8 Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

La producción de harina de orito para ser puesta en marcha requiere de la intervención de una serie de equipos para que la planta funcione sin ningún inconveniente, los equipos son destinados de acuerdo a la capacidad de producción diseñada. Por tratarse de alimentos y destinado para consumo humano el material para los equipos será de acero inoxidable AISI 304.

4.4.8.1 Equipos que se requiere implementar para el proceso de producción

Para el procesamiento de banano orito se requiere de la disponibilidad de equipos, constituyéndose como herramientas muy útiles e indispensables para alcanzar el objetivo planteado, a continuación se describen los equipos necesarios para el proceso productivo de harina de orito y la función que desempeña cada uno de ellos.

Tabla 7-4: Equipos necesarios para el proceso de producción de harina de orito

Equipo	Descripción	Características
Tanque de lavado	Será utilizado para el lavado de oritos con el objetivo de eliminar el material extraño adherido en él, logrando así un fruto inocuo.	Material: acero inoxidable AISI 304.
Rebanador de orito	Equipo que será empleado para realizar cortes o láminas de orito con un diámetro que oscile entre 2 - 4.	
Tanque de inmersión	Equipo destinado para contener la solución de ácido cítrico, el mismo servirá para sumergir el orito rebanado para evitar el pardeamiento enzimático.	
Filtro	Será utilizado para colocar el orito sumergido a fin de evitar que se formen películas sobre el fruto rebanado.	
Secador	Equipo consignado para realizar el proceso de secado de orito, con el propósito de eliminar la humedad que se encuentra presente en el orito.	
Molino	El molino de tornillo sin fin será empleado para la molienda de orito seco, permitiendo reducir el tamaño de las rodajas de orito hasta la obtención de un polvo conocido como harina con granulometría estandarizada.	
Tamiz vibratorio	El tamiz vibratorio será de forma circular y se empleará para obtener una harina de composición uniforme y homogénea.	

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.4.8.2 Materiales que se requiere implementar para el proceso de producción

Los materiales considerados en la tabla 31-3 permiten controlar las variables y parámetros del proceso de producción para la obtención de harina de orito.

Tabla 8-4: Materiales necesarios para el proceso de producción de harina de orito

Equipo	Descripción
Balanza industrial	Instrumento útil en el pesaje de materia prima.
Vaso de precipitación	Empleado para realizar mediciones volumétricas
Balanza analítica	Utilizado para el pesaje de ácido cítrico
Espátula	Material que sirve para tomar muestras de ácido ascórbico
Varilla de agitación	Permite la homogenización de muestras
Piseta	Es utilizado para realizar ensayos en el laboratorio

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5 Análisis costo/beneficio del proyecto

La mayoría de los proyectos de este tipo requiere del estudio financiero y conforme a ello determinar la viabilidad y factibilidad del mismo conforme a los indicadores financieros, esto garantizará en caso de implementación si el proyecto a ejecutarse podrá ser de gran beneficio y ayuda para los asociados.

4.5.1 Distribución y diseño de la planta

La ASOPROTAB para llevar a cabo todas las actividades y procesos de producción dispone de una superficie de 200 m², lo cual garantiza un proceso eficiente, evitar realizar trabajos innecesarios y tiempos muertos dentro de la línea de producción, distribuyéndolos en las diferentes áreas y tomando en consideración que actualmente la asociación no dispone de ninguna línea de producción.

4.5.1.1 Descripción de áreas de la planta

- **Área de recepción de materia prima**

Esta área se encontrará a la entrada de la planta, destinada para recibir el banano orito proveniente de los diferentes proveedores y asociados de ese sector. Se efectuará el pesaje, verificación y selección de la fruta a fin de que se encuentre en las óptimas condiciones para ser procesada, ya que la calidad del producto final depende directamente de la materia prima.

- **Área de administración**

Área consignada para el personal administrativo y de contabilidad, con el fin de llevar un control adecuado de producción, así también para atención al cliente y proveedores garantizando así un producto y servicio de calidad según la necesidad de los clientes.

- **Área de control y aseguramiento de calidad**

Destinada para realizar las pruebas de control de calidad tanto de la materia prima así como de la harina de orito, garantizando así el cumplimiento de los altos estándares de calidad, ya que mediante un control estricto y adecuado se logrará conseguir un producto dentro de las normativas de calidad. Se encontrarán los equipos, reactivos y los materiales necesarios para alcanzar este fin.

- **Área de producción**

Es una de las áreas más importantes dentro de una planta de producción, abarca toda la línea de producción, es decir es donde se efectuará la transformación de banano orito hasta la obtención de harina de orito, se encontrarán lo equipos necesarios. Cabe mencionar el proceso que se efectuará será de forma secuencial, iniciando por la etapa de lavado, en dicha zona se encontrará el tanque de lavado, luego el orito lavado pasará a la etapa de pelado, lo realizarán sobre una mesa y mediante la ayuda de los utensilios de corte, así como cuchillos, posteriormente el fruto pelado pasará a la zona de rebanado, inmersión, secado, molienda y tamizado y empacado de modo que no haya sobre esfuerzos, trabajos innecesarios y de fácil acceso para el movimiento del personal, garantizando la eficiencia de producción.

- **Área de producto terminado y etiquetado**

Abarca todo lo que es acabado del producto final, donde el personal encargado debe llevar un control adecuado.

- **Área de almacenamiento**

Esta área es diseñada específicamente para almacenar el producto final, para lo cual debe encontrarse en las condiciones óptimas para la conservación del mismo.

- **Bodega**

Área consignada para el almacenamiento y conservación de insumos, aditivos necesarios para la producción de harina de orito.

4.5.1.2 Costo de equipos

Hace referencia al costo total de los equipos y materiales que se requieren para la producción de harina de orito, pues para ello se recurrió a la siguiente fuente (<https://spanish.alibaba.com>,2020) puesto que es una plataforma de comercio B2B virtual más completa del mundo en el que se puede encontrar todo tipo de equipos, maquinarias y materiales industriales con las especificaciones establecidas, a continuación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 9-4: Costos de los equipos para la producción de harina de orito

Equipos	Cantidad	Costo total (\$)
Tanque de lavado	1	3000
Rebanadora	1	680
Tanque de inmersión	1	1000
Cernidor industrial	1	850
Secador de bandejas	1	1200
Molino de tornillo sin fin	1	1300
Tamiz	1	2000
Mesa de trabajo	1	52
Máquina selladora	1	750
TOTAL		10832

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Es importante determinar el costo de los materiales necesarios para la producción de harina de orito, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 10-4: Costos de los materiales para la producción de harina de orito

Equipos	Cantidad	Costo total (\$)
Balanza industrial	1	70
Balanza analítica	1	250
Cuchillos	5	100
Canastas plásticas	8	80
Vaso de precipitación	4	40
Espátula	4	28
Varilla de agitación	5	25
Piseta	2	19
Total		612

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.3 Costo de materia prima

El costo de la materia prima se consideró el precio actual vigente (15 lb de banano orito cuesta \$4,5422), de igual forma para los aditivos e insumos, estos valores suelen variar conforme a la producción, en este caso se efectuó para producir una funda de 250 g de harina de orito.

Tabla 11-4: Materia prima, aditivos e insumos para producir 250 g harina de orito

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario \$	Costo total (\$)
Banano orito	1,12045	Kg	0,667	0,75
Aditivos				
Ácido ascórbico	2,8011	G	0,0123	0,03
Insumos				
Funda de polietileno etiquetadas	1	Unidad	0,12	0,12
Total				0,90

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Para procesar un lote de producción de 338,25 kg de banano orito se requiere invertir \$268,87 incluido materia prima, aditivos e insumos necesarios, obteniéndose un total de 301 fundas de harina de orito en presentaciones de 250 g, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 12-4: Materia prima, aditivos e insumos para procesar 338,25 kg de materia prima (lote de producción) diario

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario \$	Costo total (\$)
Banano orito	338,25	Kg	0,667	225,61
Aditivos				
Ácido ascórbico	580	G	0,0123	7,13
Insumos				
Funda de polietileno etiquetadas	301	Unidad	0,12	36,12
Total				268,87

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.4 Costo de mano de obra directa

El salario del personal se realizó en base a la tabla de salarios mínimos sectoriales 2020, establecido por el Ministerio de Trabajo, además cabe indicar que laborarán 20 días al mes.

Tabla 13-4: Costo de mano de obra directa

Personal	Cantidad	Salario unitario (\$)	Salario total (\$)
Operario	2	407,68	815,36
Técnico	1	417,66	417,66
Total			1233,02

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.5 Costo de análisis de laboratorio

El costo de los análisis de laboratorio se realizó conforme a la cotización de un laboratorio acreditado, según criterios técnicos se establece que se efectuarán 4 análisis durante el año puesto que es muy importante validar los análisis que realiza el laboratorio de la asociación con los resultados de un laboratorio certificado, asegurándose así la calidad del producto y de la materia prima.

Tabla 14-4: Costo de análisis de laboratorio

Análisis de Laboratorio	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo anual (\$)
Físico-químico de banano orito	80	4	320
Bromatológico de harina de orito	80	4	320
Microbiológico de banano orito	40	4	160
Total			800

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.6 Costos fijos

Corresponden a la materia prima y mano de obra indirecta, y otros gastos, es decir, son aquellos costos que no intervienen de manera directa en el proceso de producción, pues para ello se considera los servicios básicos (agua, luz y teléfono), publicidad, suministros de oficina (esferos, papel, tóner de impresora, etc.).

El costo de energía se establece de acuerdo a las operaciones que requieren consumo de energía, en este caso se tiene: recepción de materia prima siendo necesario el uso de una balanza industrial pues para ello requiere de energía durante un período de 30 min; pesaje durante 30 min; en el rebanado para realizar fragmentos o cortes en láminas de 2-4 mm se empleará una rebanadora, misma que requiere de este recurso; en la etapa de secado se utilizará un secador de bandejas, el cual para efectuar dicho proceso requiere de energía; para la molienda según el requerimiento de equipos se tiene un molino, el cual consume 2,2 KW de energía por cada lote; de igual forma para el tamizado, obteniéndose los costos en la siguiente tabla:

Tabla 15-4: Costos fijos

Rubros	Costo total \$
Agua	40
Luz	60
Publicidad	50
Suministro de oficina (papel, esferos, tóner de impresora, etc.)	30
Total	180,00

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Con respecto al costo de agua se realizó considerando la tarifa por m^3 de agua, en este caso se requiere de este recurso para las etapas de lavado de fruta y el lavado de equipos y materiales.

Para que los vehículos de la empresa puedan circular se requiere del uso de gasolina, pues según el costo actual vigente se tiene de \$1,85 por galón. A continuación, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 16-4: Costo de consumo de combustible

Combustible	Cantidad (gal)	Precio nacional por gal \$	Costo total por día \$
Gasolina extra	10	1,85	18,50
Total			18,50

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.7 Muebles y enseres

Los muebles y enseres son destinados para el área administrativa y estanterías para el área de producción, para determinar los costos se utilizó como fuente mercado libre Ecuador.

Tabla 17-4: Costos de muebles y enseres

Área de producción	Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$
Estanterías	2	200	400
Subtotal			400
Área administrativa	Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$
Escritorios	1	150	150
Sillas	3	25	75
Subtotal			225
Total			625

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

4.5.1.8 Presupuesto de producción

Conforme a los costos variables (materia prima y mano de obra directa), costos fijos (servicios básicos y de oficina) detallados en las tablas 11- 4 y 15 - 4, considerando el 20% de utilidad para

la asociación y estableciendo 20 días laborables al mes se obtiene el precio de venta al público para una funda de harina de orito en presentación de 250 g.

Tabla 18-4: Relación costo-beneficio para la producción de harina de orito (por lote)

Cantidad de fundas de harina de orito producida por lote (U.F)	Cantidad de harina de orito por unidad (g)	Cantidad de unidades producidas por día	Costo por unidad \$	Costo total por día \$
301	250	301	1,36	409.36
Ingresos				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
409,36	2046,8	8187,2	98246,40	
Egresos \$				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
370,48	1852,40	7409,61	88915,32	
Ganancias \$				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
38,88	194,40	777,59	9331,08	

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Según los datos de la tabla 18-4 se puede mencionar que el proceso de producción fabricará 301 fundas de harina de orito por lote, en presentaciones de 250 g, el precio de venta es de \$1,36 por cada unidad; considerando un escenario optimista de ventas se obtendrá ingresos de \$409,36 diariamente, de egresos se tendrá \$370,48/por día, tomando en cuenta la materia prima, mano de obra, mantenimiento, seguros y depreciación de los equipos, logrando así una ganancia de \$38,88/por día; del mismo modo se realizó la proyección semanal, mensual y anual, obteniéndose una ganancia de \$9331,08/año.

Tabla 19-4: Flujo de caja para la producción de harina de orito

Rubros	Años					
	Inicial	1	2	3	4	5
Ingresos \$						
Ventas netas		98246,40	102115,37	104106,62	106136,70	108206,36
Egresos \$						
Materia prima (tasa de inflación 0,0159)	-	65145,58	66181,39	67233,67	68302,69	69388,70
Mano de obra	-	14796,24	15031,50	15270,50	15513,30	15759,96
Inversión en equipos y materiales	-11444	-	-	-	-	-
Muebles y enseres	-625	-	-	-	-	-

Mantenimiento y seguros de los equipos	-	812,96	825,89	839,02	852,36	865,91
Depreciación de los equipos (5 años - 20%)	-	520,98	1041,96	1562,94	2083,92	2604,90
Servicios básicos (agua, luz)	-	1200	1219,08	1238,46	1258,15	1278,16
Combustible (gasolina)	-	4440	4510,60	4582,31	4655,17	4729,19
Suministros de oficina	-	360	365,72	371,54	377,45	383,45
Publicidad	-	600	609,54	619,23	629,08	639,08
Análisis de laboratorio	-	800	812,72	825,64	838,77	852,11
Permisos de funcionamiento (RISE)	-	139,56	141,78	144,03	146,32	148,65
Interés bancario	-	100	100	100	100	100
Vehículo	-15000	-	-	-	-	-
Inversión en obra física	-7000	-	-	-	-	-
Imprevistos	-2623,46	-	-	-	-	-
Capital socio/préstamo	+25000	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	-11692,46	9331,08	11275,19	11319,26	11379,48	11456,25
FLUJO ACUMULADO	-11692,46	-2361,38	-	-	-	-

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

La planta de producción de harina de orito para ser puesta en operación requiere de una inversión inicial de \$36.692,46 y considerando que se realizará un préstamo de \$25.000 por lo que la inversión se reduce a \$11.692,46 este valor abarca la inversión en equipos y materiales, muebles y enseres, vehículo, inversión en obra física y al considerar el 3% para imprevistos.

Como se puede apreciar en la tabla 19-4 el total de ingresos es de \$98246,40/año, este valor corresponde a la venta total de unidades producidas durante todo el año; mientras que para fijar el total de egresos se consideró el costo total de materia prima con una tasa de inflación de 0,0159 mano de obra, mantenimiento y seguros de los equipos, depreciación del 20% considerando a 5 años, servicios básicos (agua, luz), combustible, suministros de oficina, publicidad, análisis de laboratorio y permisos de funcionamiento (RISE), obteniéndose así un total de ganancias de \$9331,08 en el primer año, cabe destacar que se realizó con proyección para 5 años.

4.5.1.9 Indicadores financieros

Los indicadores financieros son herramientas muy esenciales para determinar el estudio financiero de una empresa, ya que permiten medir la estabilidad, capacidad de generar ganancias, rendimiento y las utilidades de la empresa. A continuación, se indica los resultados:

Tabla 20-4: Indicadores financieros para la producción de harina de orito

Tasa de rendimiento del mercado	12%
Valor Actual Neto (VAN)	\$24.479,16
Tasa interna de retorno (TIR)	84%
Período de recuperación (año)	1,25
Relación costo/beneficio	1,37
Punto de equilibrio (anual)	19942 unidades

Realizado por: Núñez Villares, Edilma, 2020.

Según la tabla 20-4 se tiene un VAN de \$24.479,16, siendo aceptable debido a que este valor es mayor a cero, el cual es obtenida mediante la diferencia entre los ingresos y la inversión inicial, también un TIR de 84%, lo cual indica que el proyecto es económicamente viable puesto que este valor encontrado es mayor a la tasa de rendimiento del mercado; cabe destacar que la inversión realizada se recuperará en 1 año y 3 meses, por lo cual se deduce que el proyecto es factible ya que generará beneficios económicos para la asociación. Además, para que no existan pérdidas la empresa como mínimo debe vender 19942,14 unidades de harina de orito al año.

4.6 Discusión de resultados

Como parte inicial del proceso de obtención de harina a partir de orito (*musa acuminata AA*) se efectuó la caracterización de la materia prima, determinándose los parámetros físicos como: color, aspecto, tamaño y forma, se observó que se trata de un fruto pequeño con extremos redondeados y tiene forma de cilindro, además al evaluar 10 oritos dio un peso promedio de 78,2 g, calibre promedio 3,65 cm y la longitud promedio de 9,92 cm, dichos resultados se encuentran dentro de los valores referenciales establecido en la tabla 3-2 según algunos autores, lo cual indica que el banano orito seleccionado es apto para procesar; y químicos como humedad 70,38%, pH 6,67, materia seca 29,62%, cenizas 0,92%, estos valores al comparar con los datos obtenidos por Valencia (2012) son valores similares y aproximados por lo que se considera que son datos relativamente reales del futo, sin embargo el valor de pH varía de forma significativa con el dato obtenido en este estudio, puesto que Valencia (2012) en su investigación obtiene un pH de 5,52, con lo cual se deduce que dicho parámetro es influenciado directamente por el grado de madurez de banano orito, ya que mientras mayor sea el grado de madurez tiende hacerse más ácido, por lo que se recomienda que el grado de madurez es un factor indispensable a considerar, siendo el grado 2 el más idóneo para el proceso; de igual forma se obtuvo fibra 1,12%, grasa 1,30%, proteína 3,33%, azúcares totales 4,7, carbohidratos 20,25% y vitamina B6 0,29 g/100g, estos valores son específicos de la fruta, por lo tanto no existen valores de referencia.

Para la obtención de harina de orito se realizó pruebas a escala de laboratorio, en el cual se logró determinar las operaciones tanto preliminares así como la recepción, selección, lavado, pelado, rebanado e inmersión y las operaciones unitarias tales como el secado, molienda y tamizado.

Por consiguiente, es muy importante considerar ciertos aspectos durante el procesamiento, así pues el espesor de banano orito rebanado debe oscilar entre 2 – 4 mm con la finalidad de aumentar la superficie de contacto, permitiendo maximizar la transferencia de calor durante la operación de secado, pues si las láminas tienen mayor espesor el rendimiento del proceso sería bajo, ya que requiere más tiempo de secado y por tanto el consumo energético es mucho mayor; el inhibidor enzimático más idóneo es el ácido cítrico 0,25% debido a la capacidad que tiene para evitar el pardeamiento enzimático ocasionado por las enzimas polifenoloxidasas que se encuentran presentes en el banano orito, caso que no sucede con los otros dos ácidos: ascórbico y la combinación de los dos, puesto que durante las pruebas se observó que se generaban cambios de coloración, es decir estos ácidos no inhiben por completo a estas enzimas y por lo tanto no son efectivos para este proceso, comparando con las consideraciones destacadas por Valencia (2012) y Peñafiel (2017) se define que el ácido cítrico es el inhibidor enzimático más efectivo ya que inactiva por completo a estas enzimas; otro de los puntos claves es el tiempo de inmersión de banano orito en la solución de ácido cítrico 0,25%, es así que el tiempo ideal es de 10 min puesto que si se deja mayor tiempo en la solución, sobre las rodajas de orito se forman láminas haciendo que el espesor de orito rebanado aumente, por lo que el tiempo de secado sería mucho mayor a lo esperado, y por lo tanto el consumo energético también sería mayor.

Según (Valdés, 2008) destaca que la temperatura de secado influye de forma directa en el producto final, puesto que temperaturas elevadas produce encostramiento, como consecuencia de que el agua que hay dentro del alimento no puede salir debido a la velocidad que se ha secado la superficie, por otra parte si se trabaja a temperaturas altas se ve afectado las propiedades nutricionales del producto final, donde por efecto del calor se destruye vitaminas, minerales, etc, originando la pérdida de color y sabor; mientras que si el secado se efectúa a temperaturas bajas suele verse afectado el rendimiento de proceso y además favorece el desarrollo de microorganismos como hongos, bacterias y levaduras, lo que más adelante afectaría la conservación del producto final, es por ello la importancia de definir la temperatura más óptima de secado. De hecho, en el presente estudio se trabajó con temperaturas de 40, 50 y 60°C y habiendo efectuado las pruebas se determinó que la temperatura ideal para deshidratar el banano orito rebanado es el de 60°C, puesto que a esa temperatura se logra obtener un producto con las mejores características y con el mejor rendimiento del proceso, comparado con los resultados de Valencia (2012) se tiene que el tiempo de secado es mayor, puesto que es de 5 h, esto se debe al tipo de secador utilizado.

Durante el proceso de elaboración de harina a partir de banano orito se identificaron las variables y parámetros que están inmersas en el proceso, siendo las siguientes: temperatura de secado de 60°C, tiempo de secado de 5 h, tipo de inhibidor enzimático (ácido cítrico 0,25%), tiempo de inmersión de 10 min y granulometría (número de tamiz de 212 μm), este último según la NTE INEN 616:2015.

Con respecto al rendimiento del proceso de obtención de harina de orito, en el presente proyecto se obtuvo el 22,3%, al comparar con el valor obtenido en la investigación realizado por Valencia (2012) quien obtuvo el 20,5%, se puede destacar que hay tres factores esenciales que definen el rendimiento del proceso entre ellos se tiene: el contenido de humedad, que suele variar por la variedad de fruto y el grado de madurez; tipo de secador empleado y la temperatura de secado, por lo tanto, el rendimiento del proceso es aceptable.

Con la finalidad de asegurar la calidad del producto final se efectuó la caracterización bromatológica y microbiológica en base a la norma NTE INEN 616. Harina de trigo. Requisitos, esto debido a que en la actualidad no existe una norma específica para este producto, pues al verificar con los límites permisibles establecidos se deduce que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de lo que rige la norma, sin embargo el recuento de mohos se encuentra fuera del límite permisible mínimo, pero (Carrillo, 2007, pp. 86-87) indica que la microbiota normal de las harinas y sémolas de cereales contiene mohos ($<10^2 - 10^4/\text{g}$), por tanto, el producto final obtenido es apto para su comercialización y consumo ya que garantiza la inocuidad del mismo. Los respectivos análisis se realizaron en el Laboratorio LABOLAB de la ciudad de Quito.

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la materia prima, donde se determinaron parámetros físicos como: forma, color y dimensiones de banano orito y químicos así como: humedad con 70,38%, pH 6,67, cenizas 0,92%, fibra 1,12%, grasa 1,30%, proteína 3,33%, materia seca 29,62%, azúcares totales 4,7%, carbohidratos 20,25%, vitamina C (17.61mg/100 g) y vitamina B6 0,29%, donde todos los parámetros se encontraron dentro de los valores referenciales según revisión bibliografía, siendo apto para ser procesado.
- Mediante los diferentes tratamientos establecidos y ensayos realizados a nivel de laboratorio se determinó las etapas previas y operaciones unitarias más importantes, como: secado, molienda y tamizado, así también las variables y parámetros que influyen directamente en el proceso de obtención de harina de orito, tales como: temperatura de secado, tipo de inhibidor enzimático, tiempo de inmersión, tiempo de secado y granulometría.
- Conforme a los resultados obtenidos del proceso de obtención de harina a partir de orito se realizaron los respectivos cálculos de ingeniería se diseñó el equipo básico importante de la producción el secador de bandejas con 5 bandejas con una altura de 0.92m, ancho 0.53m, largo 0.60m se dimensionó para una capacidad de producción de 338,25 kg/lote diarios y pues para que la planta funcione siendo importante el requerimiento de otros equipos como un tanque de lavado, rebanadora, tanque para inmersión, secador, molino y tamiz vibratorio, además por tratarse de procesamiento de alimentos el tipo de material de los equipos es de acero inoxidable AISI 305.
- A través de la caracterización de harina de orito se validó del proceso industrial de acuerdo a la norma NTE INEN 616. Harina de trigo. Requisitos, cuyos resultados cumplen y se encuentran bajo los límites permisibles establecidos por la misma, determinándose los parámetros bromatológicos como: humedad 8,30%, proteína 3,68%, pH 5,55, azúcares totales 11,38%, vitamina B6 0,12 mg/100 g, vitamina C 2,64 mg/100 g, grasa 0,77% y ceniza 2,11%; y microbiológicos tales como: Escherichia coli <10, coliformes totales <10, aerobios mesófilos 1,1x10⁴, mohos 2,2x10², levaduras <10 y ausencia de salmonella spp.

RECOMENDACIONES

- Realizar un control de calidad estricto y permanente de materia prima, particularmente las características físico-químicas, siendo los parámetros más importantes, el color, dimensiones, humedad y proteína de banano orito, ya que de esto depende el rendimiento del proceso y el valor nutricional del producto final.
- Es importante la aplicación de las buenas prácticas de manufactura (BPM), con la finalidad de asegurar un producto con altos estándares de calidad y garantizar la inocuidad del producto final.
- Tomar en cuenta que el espesor de orito debe encontrarse con diámetro que oscile entre 2-4 mm, caso contrario dificultaría el proceso de secado y alargaría el tiempo en secarse.
- Llevar un control estricto de temperatura y tiempo de secado, la concentración del inhibidor enzimático y el tiempo de inmersión y finalmente la granulometría.
- Socializar a los productores sobre la importancia de implementar una planta de procesamiento de este tipo, ya que cuando hay mayor demanda estos productos no son aprovechados en su totalidad, con lo cual se logrará incentivar a los productores.

GLOSARIO

C

Capacidad calorífica: es la cantidad de calor necesario para subir la temperatura de una determinada cantidad de sustancia en un grado Celsius ($\text{Cal}/^{\circ}\text{C}$; $\text{J}/^{\circ}\text{C}$) (Ávalos, 2014, p. 9)

Cinética de secado: se encarga del estudio de la velocidad de secado, es decir la pérdida de humedad del sólido en función del tiempo (Ocón y Vian, 1976: p.484).

D

Deshidratación: proceso que consiste en la eliminación del contenido de agua que se encuentra presente en un sólido, lo cual permite conservar por más tiempo (Villén, 2012).

E

Evaporación: es el proceso que consiste en eliminar el vapor formado por ebullición de una solución líquida de la que se obtiene una solución más concentrada (McCabe et al, 1998: pp. 482-483).

G

Granulometría: hace referencia a la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices, es decir consiste en la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica (McCabe et al, 1998: pp. 867-871).

I

Inhibidor enzimático: es una molécula que se une a una enzima y disminuye su actividad (Tobella, 2018).

P

Pardeamiento enzimático: es la reacción de oscurecimiento enzimático, es decir se da un cambio de coloración ocasionado por las enzimas polifenoloxidasas (Alvarez, 2009).

T

Tamiz: es un equipo similar a un cernidor, el cual es empleado para separar el salvado, sémola y semolina de la harina, esto mediante movimientos vibratorios (McCabe et al, 1998: pp. 873-874).

BIBLIOGRAFÍA

AEBE. *Bananotas*. [blog]. 2019. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <http://www.aebe.com.ec/bananotas>.

ÁLVAREZ GARCIA, Guillermo. *La ciencia de los alimentos y el pardeamiento enzimático*. [blog]. 2009. [Consulta: 26 abril 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/1726>

ÁVALOS, César A. *Termodinámica aplicada: problemas resueltos*. 1^{ra} ed. Riobamba - Ecuador: 2014, p. 9.

CARBAY UYAGUARI, Edwin Efrén. Valoración de la harina de banano (*Musa sapientum*) según sus variedades de cosecha en las variedades de Valery, Cavendish gigante y Filipino [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. 2014. [Consulta: 2020-02-03]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/43/browse?type=author&order=ASC&rpp=65&value=Carbay+Uyaguari%2C+Edwin+Efrén>.

CARRILLO, L. 2007. *Granos y harinas* [En línea]. 2007. [Consulta: 2020-03-29]. Disponible en: <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/8granosyharinas.pdf>.

CHEMICALSAFETYFACTS.ORG. *Ácido ascórbico* [En línea]. 2020. [Consulta: 2020-01-07]. Disponible en: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/acido-ascorbico/>.

CHEMICALSAFETYFACTS.ORG. *Ácido cítrico* [En línea]. 2020. [Consulta: 2020-01-07]. Disponible en: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/acido-citrico/>.

EL PRODUCTOR. *Características de una planta de banano orito*. [blog]. 2018. [Consulta: 2020-01-02]. Disponible en: <https://elproductor.com/articulos-tecnicos-agricolas/caracteristicas-de-una-planta-de-banano-orito/>.

ESTRADA GUALOTO, Cristian Javier. Composición química y digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de rechazo de banano orito (*Musa acuminata* AA) en cerdos Largewhite & Pietrain en la etapa de crecimiento [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. 2018. pp.3-4. [Consulta: 2019-12-19].

Disponible

en:

<https://repositorio.uea.edu/bitstream/123456789/347/1/T.AGROP.B.UEA.1085.pdf>.

GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Tercera edición. México : Contienntal, S.A. de C.V. México, 1998.pp. 579-583.

GOBIERNO AUTÓNOMO PARROQUIAL DE TELIMBELA DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Telimbela-2015* [En línea]. Bolívar, Ecuador. 2015. [Consulta: 2020-01-08]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0260013580001_DIAGNOSTICO--PDyOTTELIBELA1-25-06-2015_01-12-27.pdf.

JIMÉNEZ AGUILAR, Freddy Requelmer, & MACHADO BELDUMA, Maritza Isabel. Estudio de factibilidad para la producción de harina de orito en la comunidad de Chinambí [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2012. p.20. [Consulta: 2020-02-03]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1513>.

LA REPÚBLICA. *Ecuador registra índices de desnutrición en niños y obesidad en adultos* [blog]. 2018. [Consulta: 2020-01-09]. Disponible en: <https://www.larepublica.ec/blog/sociedad/2018/10/04/ecuador-registra-indices-de-desnutricion-en-ninos-y-obesidad-en-adultos/>.

MANTILLA BENÍTEZ, Jael del Rocío. Manual de procedimientos para la manipulación, embalaje y envío del banano orito en el centro de acopio "JZ" S.A., del Cantón La Maná [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Regional Autónoma de los Andes, Quevedo, Ecuador. 2015. pp.10-12. [Consulta: 2019-12-19]. Disponible en: <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/1110>.

MCCABE, Warren: et al. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Cuarta edición. España : Mc Graw-Hill, 1998. p.835.

OCÓN GARCÍA, Joaquín, & VIAN ORTUÑO, Ángel. *Elementos de Ingeniería Química: Operaciones básicas*. Quinta edición. Madrid.1976.pp.485-501.

PEÑAFIEL SOLANO, Yesenia Mishell. Evaluación de efecto del método químico (Eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de orito *Musa acuminata* AA rebanados [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2017. pp.4-9. [Consulta: 2020-02-03]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6537>.

PONCE CUCÁS, Lorena Elizabeth. Proyecto de factibilidad para la exportación de banano (orito) al mercado Italiano-Milano 2013-2020 [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador. 2013. pp. 9-16. [Consulta: 2019-12-19]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6789>.

SALAZAR MOYOTA, Verónica Janina. Enraizamiento de cormos de orito (*Musa acuminata* AA) mediante el uso de abonos orgánicos líquidos [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2017. pp. 9-11. [Consulta: 2020-01-10]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25005>.

VALDÉS MARTÍN, Patricio. *Manual de deshidratación I.* [blog]. 2008. [Consulta: 25 junio 2020]. Disponible en: <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/2008/09/frutas-y-hortalizas.html>

VALENCIA COCA, Gladys Adriana. Desarrollo de una tecnología de harina de orito (*Musa Acuminata* AA) en túnel de secado de adecuadas características sensoriales y nutricionales [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2012. pp. 38-41. [Consulta: 2019-12-19]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4625/1/T-ESPEL-0793.pdf>.

VILLÉN, Martha. *Deshidratación, la forma más antigua y sana de conservar los alimentos.* [blog]. 2012. [Consulta: 26 abril 2020]. Disponible en: <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/deshidratacion-la-forma-mas-antigua-y-sana-de-conservar-los-alimentos/>

ANEXOS

Anexo A: Resultados del análisis bromatológico de banano orito



SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 013-20

CLIENTE: Srta. Jaqueline Núñez
TIPO DE MUESTRA: Oritos
FECHA DE RECEPCIÓN: 17 de enero del 2020
FECHA DE MUESTREO: 17 de enero del 2020

EXAMEN FISICO
COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 1670	3.33
Grasa	%	INEN 523	1.30
Cenizas	%	INEN 401	0.92
Humedad	%	INEN 1235	70.38
Materia seca	%	INEN 1235	29.62
Fibra	%	INEN 522	1.12
Azúcares totales	%	INEN 398	4.7
Carbohidratos	%	-	20.25
Vitamina C	mg/100g	INEN 384	17.61
pH	Unid.	Potenciometrico	6.67

RESPONSABLE:



Dra. Gina Álvarez R.



SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en laboratorio.

Anexo B: Resultado del análisis nutricional de banano orito

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 200885
Informe N° 200885
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Edilma Núñez
Dirección: Ambato
Muestra: Orito
Descripción de la muestra: Fruto con cáscara
Fecha Elaboración: --
Fecha Vencimiento: --
Fecha de Toma: 29 de febrero del 2020
Lote: --
Localización: --
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 3 de marzo del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 3 - 11 de marzo del 2020
Fecha de emisión del informe: 11 de marzo del 2020
Condiciones ambientales: 25,7°C 44%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Vitamina B6	mg/100 g	HPLC	0,29

Cecilia Luzuriaga
Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SA

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

Anexo C: Resultados del análisis bromatológico de harina de orito

 ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES INFORME DE RESULTADOS		 Acreditación N° SAE LEN 06-01 LABORATORIO DE ENSAYOS	
		Orden de trabajo N° 200884 Informe N° 200884A Hoja 2 de 2	
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE			
Nombre:	Edilma Núñez		
Dirección:	Ambato		
Muestra:	Harina de orito		
Descripción de la muestra:	Polvo color habano		
Fecha Elaboración:	12 de febrero del 2020		
Fecha Vencimiento:	---		
Fecha de Toma:	---		
Lote:	---		
Localización:	---		
Envase:	Funda ziploc		
Conservación de la muestra:	Ambiente		
DATOS DEL LABORATORIO			
Fecha de recepción:	3 de marzo del 2020		
Toma de muestra por:	Cliente		
Fecha de realización del ensayo:	3 - 9 de marzo del 2020		
Fecha de emisión del informe:	9 de marzo del 2020		
Condiciones ambientales:	24,7°C 53%HR		
ANÁLISIS QUÍMICO:			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Grasa	%	PEE/LA/05 INEN ISO 11085	0,77 ± 0,05
Ceniza	%	PEE/LA/03 INEN 520	2,11 ± 0,03
pH (20°C)	---	PEE/LA/10 INEN 526	5,55 ± 0,08
 Dra. Cecilia Ferrnaga GERENTE GENERAL			
El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE		 ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES	

Anexo D: Resultados del análisis bromatológico de harina de orito



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 200884
Informe N° 200884
Hoja 1 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Edilma Núñez
Dirección: Ambato
Muestra: Harina de orito
Descripción de la muestra: Polvo color habano
Fecha Elaboración: 12 de febrero del 2020
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: ---
Lote: ---
Localización: ---
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 3 de marzo del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 3 - 9 de marzo del 2020
Fecha de emisión del informe: 9 de marzo del 2020
Condiciones ambientales: 24,7°C 53%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Humedad	%	PEE/LA/02 INEN ISO 712	8,20
Proteína	%	PEE/LA/01 INEN ISO 20483	3,68
Carbohidratos totales	%	Cálculo	85,14
Fibra	%	INEN 522	0,00
Azúcares totales	%	HPLC	11,38
Fructosa	%	HPLC	3,44
Glucosa	%	HPLC	4,37
Sacarosa	%	HPLC	3,57
Lactosa	%	HPLC	0,00


Dra. Cecilia Lumbraga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE


ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

Anexo E: Resultados del análisis microbiológico de harina de orito

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Recuento de Aerobios mesófilos	ufc/g	PEEMi/LA/01 INEN ISO 4833	$1,1 \times 10^4$
Recuento de Coliformes totales	ufc/g	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	< 10
Recuento <i>Escherichia coli</i>	ufc/g	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	< 10
Recuento de Mohor	ufc/g	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	$2,2 \times 10^2$
Recuento de Levaduras	ufc/g	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	< 10
Detección de <i>Salmonella spp</i>	Ausencia / Presencia 25 g	PEEMi/LA/05 INEN ISO 6579	No detectado

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB. LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente. Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB. Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS



Orden de trabajo N° 200884
Informe N° 2008841
Hoja 1 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Edilma Núñez
Dirección: Ambato
Muestra: Harina de orito
Descripción de la muestra: Polvo color habano
Fecha Elaboración: 12 de febrero del 2020
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: ---
Lote: ---
Localización: ---
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 3 de marzo del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 3 - 8 de marzo del 2020
Fecha de emisión del informe: 9 de marzo del 2020
Condiciones ambientales: 25,6°C 41%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Dra. Cecilia Luzziaga
GERENTE GENERAL



Anexo F: Resultados del análisis nutricional de harina de orito



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 200884
Informe N° 200884
Hoja 2 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: Edilma Núñez
Dirección: Ambato
Muestra: Harina de orito
Descripción de la muestra: Polvo color habano
Fecha Elaboración: 12 de febrero del 2020
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: ---
Lote: ---
Localización: ---
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 3 de marzo del 2020
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 3 - 9 de marzo del 2020
Fecha de emisión del informe: 9 de marzo del 2020
Condiciones ambientales: 24,7°C 53%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Vitamina B6	mg/100 g	HPLC	0,12
Vitamina C	mg/100 g	HPLC	2,64

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

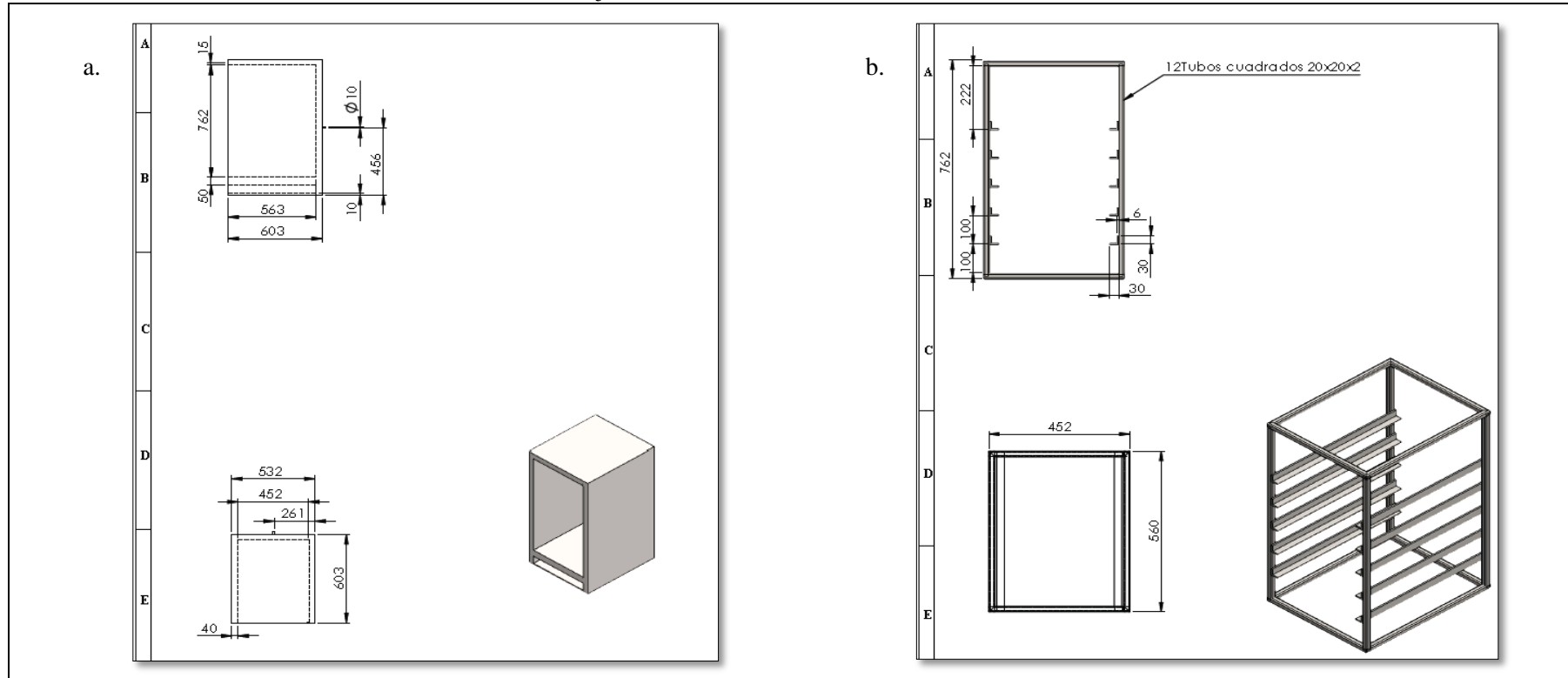
LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

Anexo G: Etiqueta del producto final



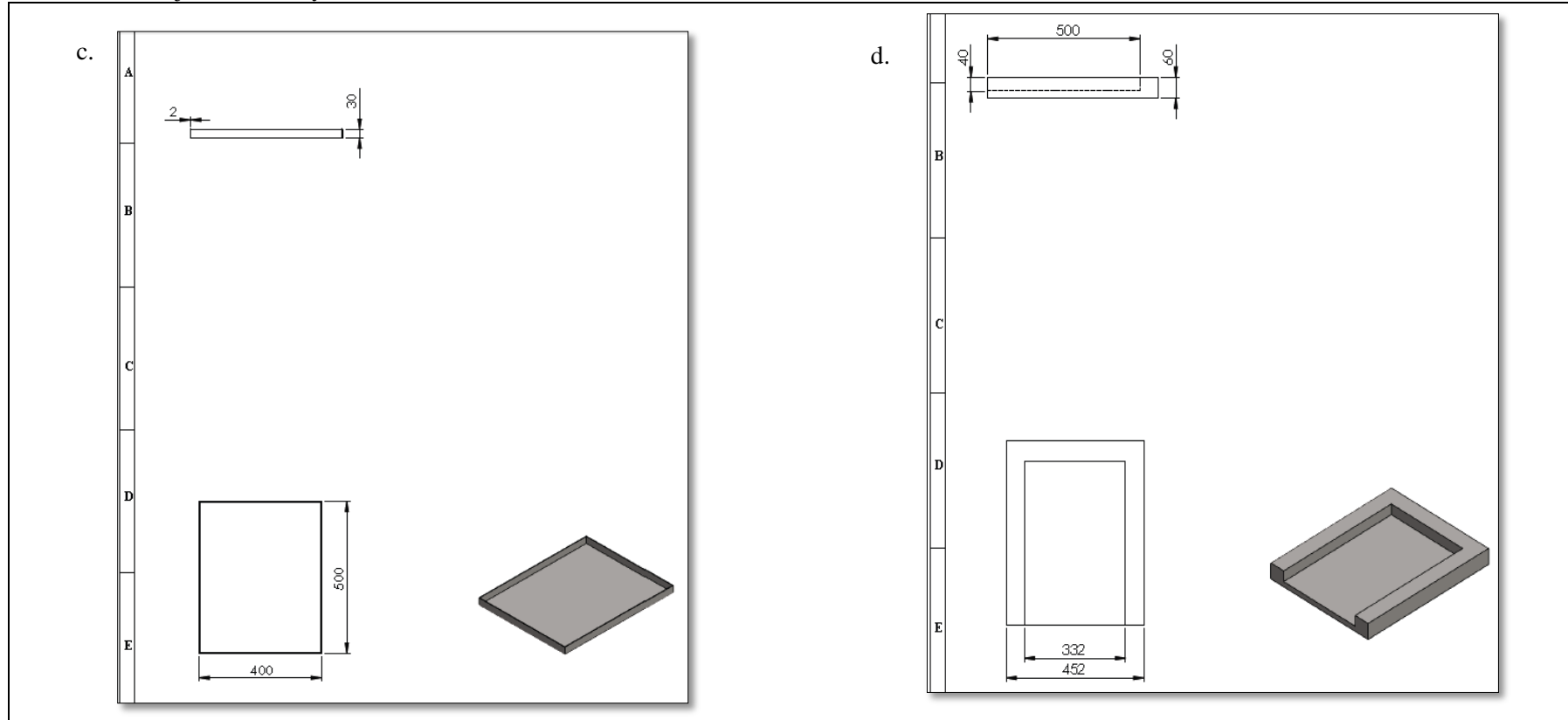
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Edilma Núñez	HARINA DE BANANO ORITO		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
	Certificado Por eliminar Aprobado Por calificar Por aprobar Información		1:1	2020-08-24	1

Anexo H: Cámara externa e interna del secador de bandejas



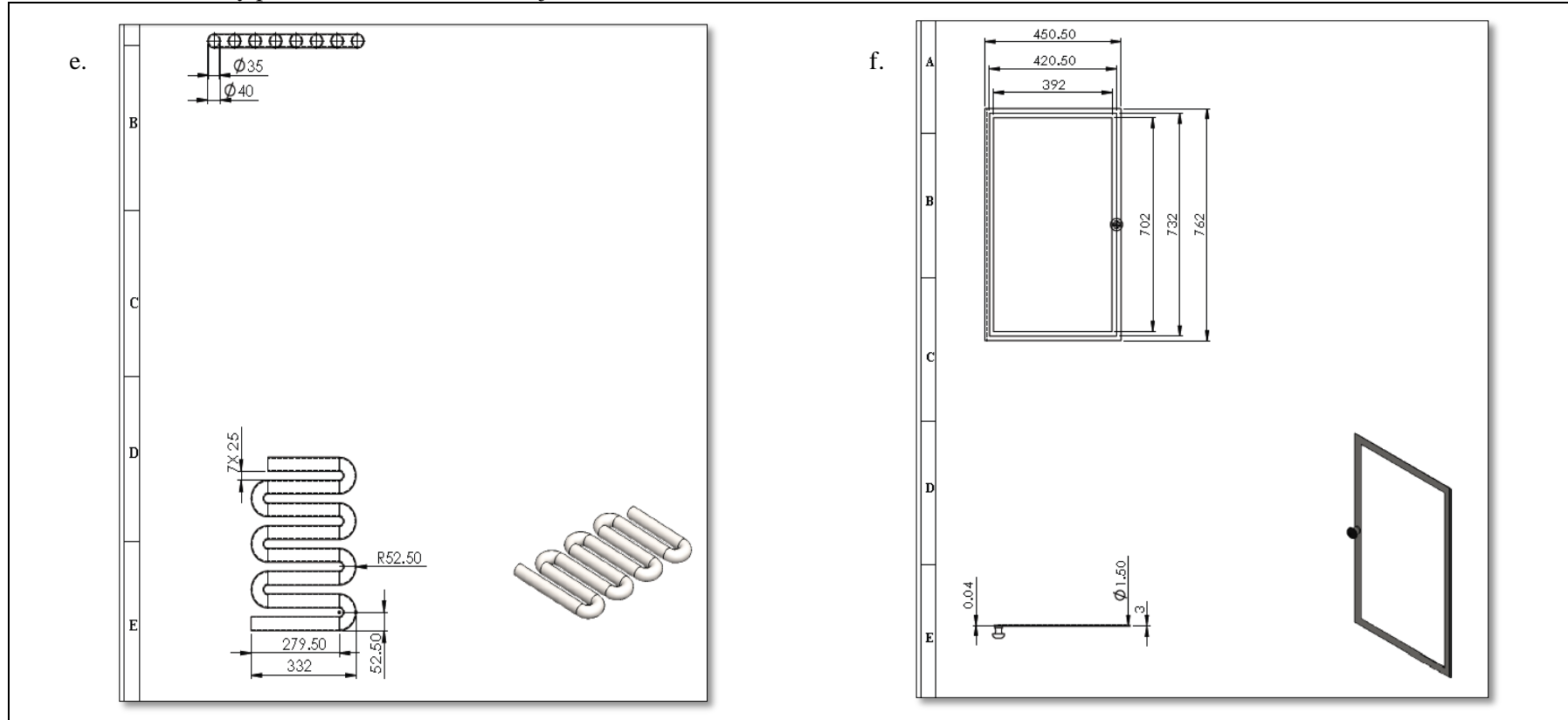
NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Edilma Núñez	“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”		
					ESCALA	FECHA	LÁMINA
a. Cámara externa del secador.	Certificado	Por eliminar			1:1	2020-08-24	1
b. Cámara interna del secador.	Aprobado	Por calificar					
	Por aprobar	Información					

Anexo I: Bandeja individual y base de la resistencia



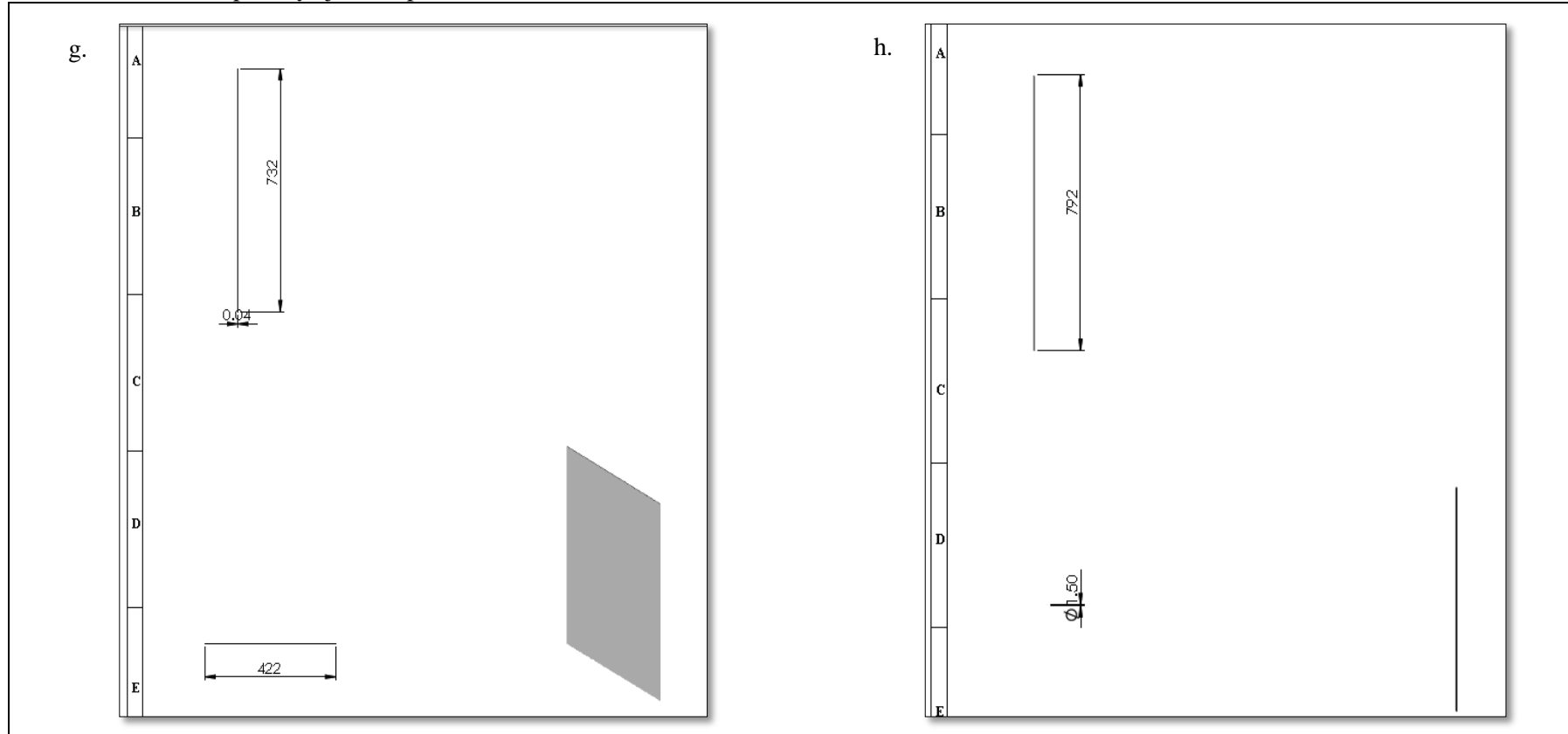
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Edilma Núñez	“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”		
c. Bandeja individual. d. Base de la resistencia.	Certificado Por eliminar Aprobado Por calificar Por aprobar Información		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2020-08-24	2

Anexo J: Resistencia y puerta del secador de bandejas



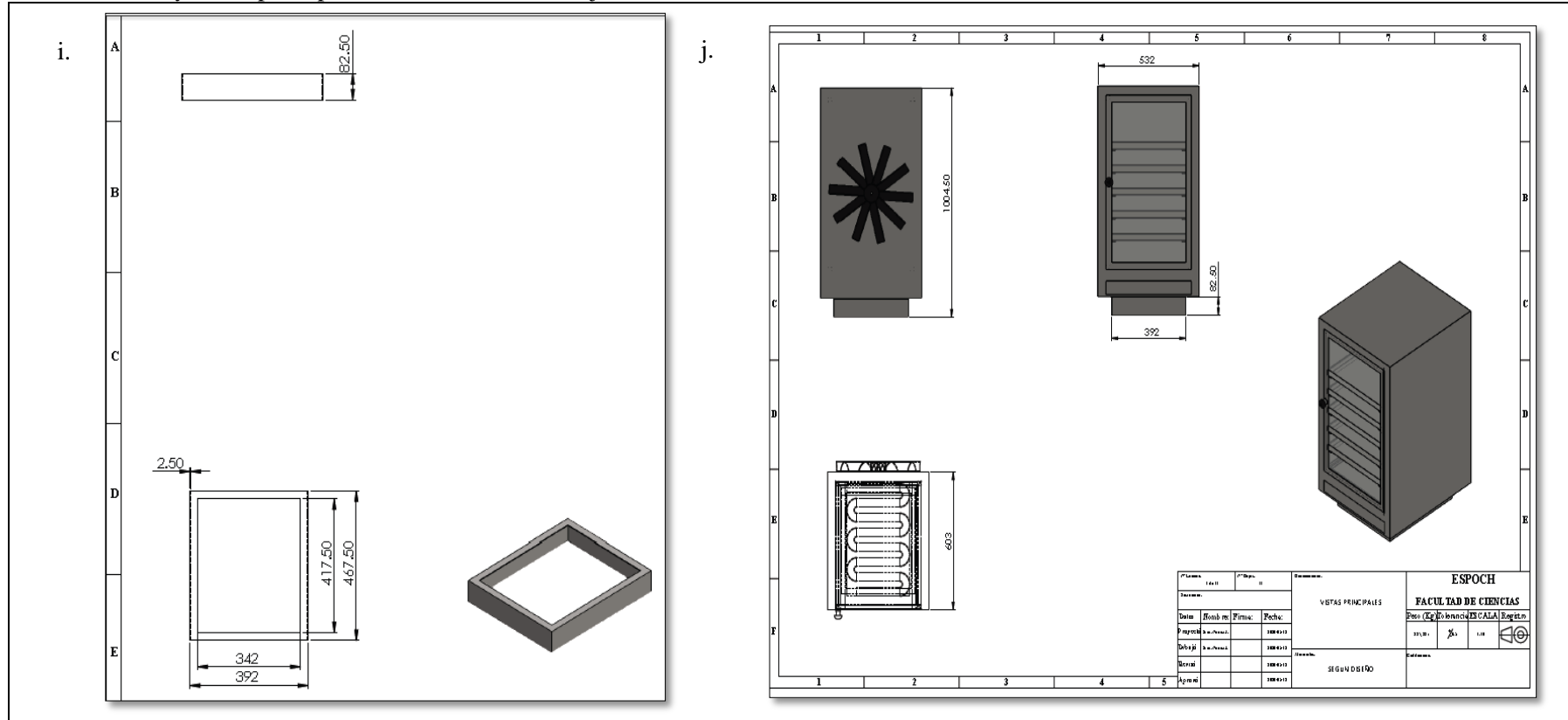
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		<p align="center">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">Realizado por: Edilma Núñez</p>	<p align="center">“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”</p>		
e. Resistencia. f. Puerta del secador de bandejas.	Certificado Aprobado Por aprobar	Por eliminar Por calificar Información		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2020-08-24	3	

Anexo K: Vidrio templado y eje de la puerta



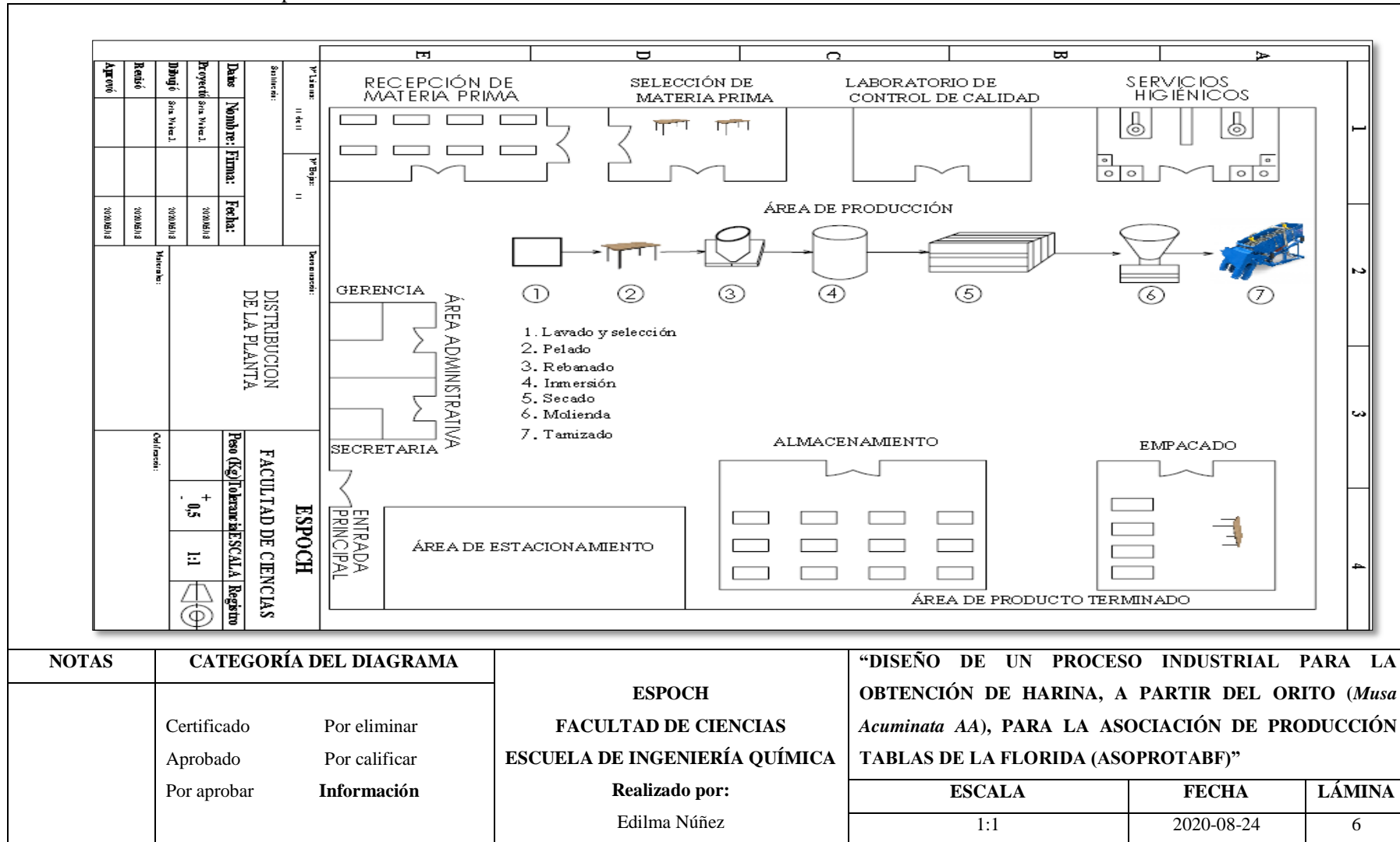
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Edilma Núñez	“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”		
g. Vidrio templado de la puerta.	Certificado Por eliminar		ESCALA	FECHA	LÁMINA
h. Eje de la puerta.	Aprobado Por aprobar Información		1:1	2020-08-24	4

Anexo L: Base y vistas principales del secador de bandejas



NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		<p align="center">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">Realizado por: Edilma Núñez</p>	“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”		
i. Base del secador.	j. Vistas principales del secador de bandejas.	Certificado Aprobado Por aprobar	Por eliminar Por calificar Información		VISTAS PRINCIPALES		ESPOCH
					FACULTAD DE CIENCIAS		ESPOCH
				ESCALA	FECHA	LÁMINA	
				1:1	2020-08-24	5	

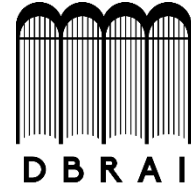
Anexo M: Distribución de la planta de la ASOPROTABF



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Edilma Núñez	“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA, A PARTIR DEL ORITO (<i>Musa Acuminata</i> AA), PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN TABLAS DE LA FLORIDA (ASOPROTABF)”		
	Certificado Aprobado Por aprobar	Por eliminar Por calificar Información		ESCALA 1:1	FECHA 2020-08-24	LÁMINA 6



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

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

Fecha de entrega: 24 / 08 /2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: : Edilma Jacqueline Núñez Villares

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Ciencias

Carrera: Ingeniería Química

Título a optar: Ingeniera Química

f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



07-08-2020

0178-DBRAI-UPT-2020