



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CHOCHO
APLICANDO LA METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT
PLANNING) EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A INDUSTRIAL

AUTORES:

VICENTE EFRAIN GAVIDIA QUIROLA

JESSICA JACQUELINE ROMERO ERREYES

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CHOCHO
APLICANDO LA METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT
PLANNING) EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A INDUSTRIAL

AUTORES: VICENTE EFRAIN GAVIDIA QUIROLA

JESSICA JACQUELINE ROMERO ERREYES

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL GEOVANNY GUAMÁN LOZANO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Vicente Efrain Gavidia Quirola; & Jessica Jacqueline Romero Erreyes**

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.

Nosotros, Vicente Efrain Gavidia Quirola y Jessica Jacqueline Romero Erreyes, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

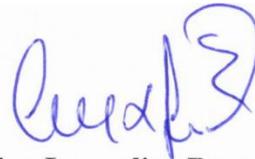
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 4 de junio de 2024



Vicente Efrain Gavidia Quirola

C. I: 1250033311

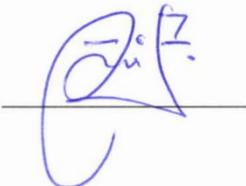
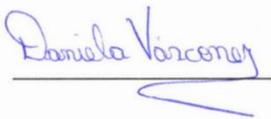


Jessica Jacqueline Romero Erreyes

C. I: 1104852940

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CHOCHO APLICANDO LA METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY”**, realizado por los señores: **VICENTE EFRAIN GAVIDIA QUIROLA** y **JESSICA JACQUELINE ROMERO ERREYES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-04
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano, Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-04
Ing. Daniela Carina Vásconez Núñez, PhD ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-04

DEDICATORIA

A Dios, por darme la inteligencia y fortaleza suficiente para continuar firme durante todo este camino.

A mis padres Orland y Rocío, quienes me dieron la oportunidad que ellos no tuvieron y estuvieron conmigo todos los días de mi formación.

A ti abuelo Cutito, que siempre fuiste mi inspiración y me enseñaste hacer una persona honesta, luchadora y muy trabajadora.

¡Para ustedes, con infinito amor!

Jacqueline

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres para que sea una evidencia de los resultados que obtuvieron al confiar en mí y darme la oportunidad de prepararme académicamente brindándome su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

Vicente

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y la valentía de seguir adelante pese a todas las adversidades que enfrenté.

A mi padre, quien se esforzó tanto para que nada me faltara en este largo y arduo proceso.

A mi madre, por creer y confiar en mí.

A mi hermano, por el apoyo económico.

A ti, por el apoyo moral y económico.

A mis familiares, quienes de alguna u otra manera me han estado motivando y apoyando en este camino.

Infinitas gracias a TODOS por ayudarme a cumplir esta meta; sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

Jacqueline

Agradezco a Dios por permitirme culminar este trabajo de la mejor manera, por mantenerme con vida y salud guiándome siempre por el mejor camino y permitiendo que sea mejor persona cada día.

A mis padres, Vicente y Viviana por el esfuerzo que han realizado con el transcurso de los años para brindarme educación, valores para ser cada día mejor persona, afecto emocional y nunca dudar de mis capacidades para formarme como profesional.

A mis familiares más cercanos que contribuyeron de igual forma a lograr mi preparación mediante su ayuda ineludible y, por último, pero no menos importante, a mis amigos Henry Mainato, Fernando Merino y René Miranda por su apoyo total a lo largo de mi vida universitaria.

Vicente

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Materia prima.....	4
2.1.1. <i>Generalidades</i>	4
2.1.2. <i>Composición química</i>	5
2.1.3. <i>Producción del chocho</i>	5
2.2. Harina de chocho.....	7
2.2.1. <i>Exportación de la harina de chocho</i>	7
2.2.2. <i>Beneficios de la harina de chocho</i>	7
2.3. Desamargado del chocho.....	8
2.3.1. <i>Factores</i>	8
2.3.2. <i>Tipos de desamargado de chocho</i>	8
2.3.2.1. <i>Desamargado con agua</i>	8
2.3.2.2. <i>Desamargado por fermentación</i>	9
2.3.2.3. <i>Desamargado por germinación</i>	9
2.3.2.4. <i>Desamargado INIAP</i>	9
2.3.2.5. <i>Desamargado mediante el Proceso “Cusco”</i>	9

2.4.	Conceptualización de términos básicos para la distribución de plantas	10
2.4.1.	<i>Distribución de planta</i>	10
2.4.2.	<i>Distribución por proceso</i>	10
2.4.3.	<i>Producción por lotes</i>	11
2.4.4.	<i>Maquinaria</i>	11
2.4.4.1.	<i>Secadora de aire de granos</i>	11
2.4.4.2.	<i>Molino de martillo</i>	12
2.4.4.3.	<i>Tina de acero inoxidable</i>	13
2.4.4.4.	<i>Olla de cocción industrial</i>	14
2.4.4.5.	<i>Agitador industrial</i>	14
2.4.4.6.	<i>Tamizadora</i>	14
2.5.	Procesos para elaborar harina de chocho	15
2.5.1.	<i>Recepción de la materia prima</i>	15
2.5.2.	<i>Almacenamiento de la materia prima</i>	15
2.5.3.	<i>Hidratación</i>	15
2.5.4.	<i>Cocción</i>	15
2.5.5.	<i>Lavado</i>	15
2.5.6.	<i>Selección y control de calidad</i>	16
2.5.7.	<i>Lavado 2</i>	16
2.5.8.	<i>Secado</i>	16
2.5.9.	<i>Molienda</i>	16
2.5.10.	<i>Empaquetado y etiquetado</i>	16
2.6.	Metodología SLP	17
2.7.	Simulación de eventos continuos	18
2.7.1.	<i>Descripción del software</i>	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	19
3.1.	Fundamentos de la metodología	19
3.1.1.	Tipo de investigación	19
3.1.2.	<i>Enfoque de la investigación</i>	19
3.1.3.	<i>Alcance de la investigación</i>	20
3.2.	Diseño de la investigación	20
3.2.1.	<i>Diseño de investigación-acción</i>	20
3.3.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	20
3.3.1.	<i>Métodos de investigación</i>	20

3.3.2.	<i>Técnicas de investigación</i>	20
3.3.3.	<i>Instrumentos de investigación</i>	21
3.3.3.1.	Flexómetro	21
3.3.3.2.	AutoCad	21
3.3.3.3.	FlexSim	21
3.3.3.4.	Microsoft Word	21
3.3.3.5.	Microsoft Excel	21
3.4.	Caracterización general de la empresa	22
3.4.1.	<i>Lugar de estudio</i>	22
3.4.2.	<i>Misión</i>	22
3.4.3.	<i>Visión</i>	22
3.5.	Proceso general de obtención de harina de chocho	23
3.6.	Métodos de desamargado de chocho	23
3.6.1.	<i>Alternativa A – Proceso convencional</i>	23
3.6.2.	<i>Alternativa B – Proceso tecnológico</i>	24
3.7.	Descripción del proceso productivo de harina de chocho	25
3.7.1.	<i>Recepción y selección de materia prima</i>	26
3.7.2.	<i>Pesaje</i>	26
3.7.3.	<i>Hidratación</i>	26
3.7.4.	<i>Cocción</i>	26
3.7.5.	<i>Enjuague</i>	27
3.7.6.	<i>Lavado</i>	27
3.7.7.	<i>Secado</i>	28
3.7.8.	<i>Molienda</i>	28
3.7.9.	<i>Tamizado</i>	28
3.7.10.	<i>Empacado y almacenado</i>	29
3.8.	Diagrama de flujo de procesos	30
3.9.	Composición química del grano de chocho amargo y desamargado	31
3.10.	Características fisicoquímicas de la harina	32
3.11.	Maquinaria, equipos y materiales	33
3.11.1.	<i>Pallets</i>	33
3.11.2.	<i>Balanza de plataforma</i>	33
3.11.3.	<i>Mallas</i>	34
3.11.4.	<i>Gaveta</i>	35
3.11.5.	<i>Carretilla manual</i>	36
3.11.6.	<i>Termobalanza</i>	36
3.11.7.	<i>Medidor de temperatura</i>	37

3.11.8. <i>Mesa de trabajo</i>	38
3.11.9. <i>Tina de acero inoxidable</i>	39
3.11.10. <i>Tina de cocción</i>	40
3.11.11. <i>Secadora de granos</i>	40
3.11.12. <i>Molino de martillos</i>	41
3.11.13. <i>Tamizador</i>	42
3.12. Systematic Layout Planning	43
3.12.1. <i>Análisis P-Q</i>	46
3.12.2. <i>Análisis del recorrido del producto</i>	46
3.12.2.1. <i>Diagrama de flujo</i>	46
3.12.2.2. <i>Diagrama de recorrido</i>	48
3.12.2.3. <i>Diagrama de procesos</i>	49
3.12.3. <i>Análisis de relaciones entre actividades</i>	51
3.12.3.1. <i>Áreas</i>	52
3.12.3.2. <i>Procesos</i>	53
3.12.3.3. <i>Diagrama relacional de recorridos y/o actividades</i>	54
3.12.4. <i>Diagrama relacional de espacios</i>	56
3.12.4.1. <i>Área de recepción y selección de materia prima</i>	56
3.12.4.2. <i>Área de desamargado</i>	57
3.12.4.3. <i>Área de producción</i>	58
3.12.4.4. <i>Laboratorio</i>	59
3.12.4.5. <i>Área de empaclado y almacenado</i>	60
3.12.5. <i>Evaluación</i>	62
3.13. Simulación de la línea de producción	63
3.13.1. <i>Definición del problema</i>	63
3.13.1.1. <i>Descripción del proceso a modelar y objetivo</i>	63
3.13.1.2. <i>Entradas y salidas</i>	64
3.13.1.3. <i>Grado de exactitud requerido y ámbito de aplicación</i>	64
3.13.1.4. <i>Características temporales</i>	64
3.13.1.5. <i>Distribución espacial</i>	65
3.13.2. <i>Factores y mecanismos controlantes</i>	65
3.13.3. <i>Descripción de los procesos</i>	66
3.13.4. <i>Generación del modelo</i>	68
3.13.4.1. <i>Configuración de unidades</i>	69
3.13.4.2. <i>Elección de objetos 3D</i>	69
3.13.4.3. <i>Conexión de puertos (entradas y salidas)</i>	71
3.13.4.4. <i>Propiedades de los elementos y desarrollo</i>	72

3.13.4.5. Interpretación de resultados.....	79
3.13.4.6. Estadísticas.....	80

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	83
4.1. Cálculos para la simulación	83
4.2. Análisis de los procesos y la maquinaria	84
4.2.1. Fase de selección	84
4.2.2. Fase de hidratación	85
4.2.3. Fase de cocción.....	86
4.2.4. Enjuague	87
4.2.5. Lavado	88
4.2.6. Secado	89
4.2.7. Molido	89
4.2.8. Tamizado	90
4.3. Distribución de espacios.....	91
4.3.1. Superficie de la mesa auxiliar	93
4.3.1.1. Superficie total de la mesa auxiliar.....	95
4.3.2. Superficie de la tina de hidratación	95
4.3.2.1. Superficie total de la tina de hidratación	96
4.3.3. Superficie de la tina de cocción.....	97
4.3.3.1. Superficie total de la tina de cocción	98
4.3.4. Superficie de las tinas de enjuague	98
4.3.4.1. Superficie total de la tina con agitador	99
4.3.5. Superficie de lavado.....	100
4.3.5.1. Superficie total de la tina de lavado.....	101
4.3.6. Superficie de la secadora.....	101
4.3.6.1. Superficie total de la secadora	102
4.3.7. Superficie del molino	103
4.3.7.1. Superficie total del molino.....	104
4.3.8. Balanza.....	104
4.3.8.1. Superficie total de la balanza	105
4.3.9. Tamizadora	106
4.3.9.1. Superficie total de la tamizadora.....	107
4.4. Inversión.....	109

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
5.1.	Conclusiones.....	110
5.2.	Recomendaciones.....	112

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Tabla comparativa de tamices y mallas utilizados en la harina de chocho	29
Tabla 3-2:	Tabla resumen del proceso productivo de la harina de chocho.....	30
Tabla 3-3:	Análisis bromatológico del chocho	32
Tabla 3-4:	Valor nutricional de la harina de chocho.....	32
Tabla 3-5:	Características de los pallets.....	33
Tabla 3-6:	Características de la balanza.....	34
Tabla 3-7:	Características de los sacos de malla raschel	34
Tabla 3-8:	Características de la gaveta	35
Tabla 3-9:	Características de la carretilla manual	36
Tabla 3-10:	Características de la termobalanza	37
Tabla 3-11:	Características del termómetro digital portátil termistor TFA.	37
Tabla 3-12:	Características de la mesa de trabajo.....	38
Tabla 3-13:	Características de la tina de acero inoxidable.....	39
Tabla 3-14:	Características de la tina de cocción.....	40
Tabla 3-15:	Características de la secadora de granos	41
Tabla 3-16:	Características del molino de martillos	42
Tabla 3-17:	Características de la tamizadora.....	42
Tabla 3-18:	Cantidad de producto semanal y mensual	45
Tabla 3-19:	Diagrama de Procesos para elaborar harina de chocho	50
Tabla 3-20:	Tabla resumen diagrama de procesos.....	51
Tabla 3-21:	Código con su definición para identificar la intersección	51
Tabla 3-22:	Número y razón para determinar las relaciones que existen en las áreas de trabajo y procesos.....	52
Tabla 3-23:	Área de trabajo para maquinaria en desamargado.....	57
Tabla 3-24:	Área de trabajo para maquinaria en producción.....	58
Tabla 3-25:	Área de trabajo para maquinaria en el laboratorio	59
Tabla 3-26:	Área de trabajo para maquinaria en empaclado y almacenado.....	60
Tabla 3-27:	Variables de entrada y salida.....	64
Tabla 3-28:	Descripción de los procesos con sus parámetros y elementos de FlexSim	66
Tabla 3-29:	Descripción de los elementos a utilizarse en el modelo	68
Tabla 3-30:	Descripción de los objetos 3D de FlexSim.....	70
Tabla 3-31:	Estadísticas del operario en la simulación.....	81
Tabla 3-32:	Porcentajes de estado sobre cada una de las máquinas	82
Tabla 4-1:	Balance de materia	84

Tabla 4-2:	Balance de materia de la elaboración de la harina de chocho	90
Tabla 4-3:	Balance de materia de la elaboración harina de chocho simulados en FlexSim	91
Tabla 4-4:	Valores de la constante de evolución	93
Tabla 4-5:	Tabla resumen de los espacios para las áreas de la planta.....	108
Tabla 4-6:	Presupuesto de la línea de producción de harina de chocho.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Cultivo de chocho en INIAP Santa Catalina	4
Ilustración 2-2:	Producción de chocho en el año 2020.	6
Ilustración 2-3:	Producción de chocho en Chimborazo	6
Ilustración 2-4:	Secadora de granos.....	12
Ilustración 2-5:	Molino	13
Ilustración 2-6:	Tina de acero inoxidable	13
Ilustración 2-7:	Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de chocho.....	17
Ilustración 3-1:	Geolocalización de la empresa	22
Ilustración 3-2:	Diagrama de flujo del desamargado tradicional de chocho.....	24
Ilustración 3-3:	Diagrama de flujo del desamargado salino de chocho	25
Ilustración 3-4:	Diagrama de flujo de la harina de chocho.....	31
Ilustración 3-5:	Pallets de madera.....	33
Ilustración 3-6:	Balanza con plataforma.....	34
Ilustración 3-7:	Sacos de mallas	35
Ilustración 3-8:	Gaveta plástica	35
Ilustración 3-9:	Carretilla manual.....	36
Ilustración 3-10:	Termobalanza	37
Ilustración 3-11:	Medidor de temperatura	38
Ilustración 3-12:	Mesa de trabajo	39
Ilustración 3-13:	Tina de acero inoxidable	39
Ilustración 3-14:	Tina de cocción	40
Ilustración 3-15:	Secadora de aire con agitador.....	41
Ilustración 3-16:	Molino de martillos	42
Ilustración 3-17:	Tamiz rotatito vibratorio industrial	43
Ilustración 3-18:	Esquema de Metodología SLP	44
Ilustración 3-19:	Cantidad de cada recurso.....	46
Ilustración 3-20:	Diagrama de Flujo con especificaciones en elaboración.....	47
Ilustración 3-21:	Diagrama de Recorrido de materiales	48
Ilustración 3-22:	Diagrama de Recorrido de MP.....	49
Ilustración 3-23:	Matriz de relaciones de actividades.....	53
Ilustración 3-24:	Matriz de relaciones entre procesos	54
Ilustración 3-25:	Diagrama de relaciones de áreas de trabajo	55
Ilustración 3-26:	Diagrama de relaciones de procesos	55

Ilustración 3-27: Ubicación de la maquinaria en el área de recepción y selección de materia prima.....	57
Ilustración 3-28: Ubicación de la maquinaria en el área de desamargado.....	58
Ilustración 3-29: Ubicación de la maquinaria en el área de producción.....	59
Ilustración 3-30: Ubicación de la maquinaria en el laboratorio.....	60
Ilustración 3-31: Ubicación de la maquinaria en el área de empacado y almacenado.....	61
Ilustración 3-32: Diagrama relacional de espacios	61
Ilustración 3-33: Distribución de la planta para elaborar harina de chocho.	62
Ilustración 3-34: Configuración de las unidades del modelo.....	69
Ilustración 3-35: Simulación de la línea en FlexSim	71
Ilustración 3-36: Simulación de la línea en FlexSim con conexiones	71
Ilustración 3-37: Tiempos de llegada de los quintales de la MP	72
Ilustración 3-38: Tiempos de llegada de la sal para cada proceso.....	72
Ilustración 3-39: Almacenamientos de los materiales	73
Ilustración 3-40: Propiedades del convertidor de unidades a fluido.....	73
Ilustración 3-41: Propiedades del convertidor de unidades a fluido.....	74
Ilustración 3-42: Propiedades del convertidor de fluido a unidades.....	75
Ilustración 3-43: Propiedades del generador de agua para el proceso de desamargado	77
Ilustración 3-44: Componentes del proceso de hidratación.....	77
Ilustración 3-45: Componentes del proceso de cocción	78
Ilustración 3-46: Componentes del proceso de enjuague	78
Ilustración 3-47: Componentes del proceso de lavado final.....	79
Ilustración 3-48: Estadísticas del operario en la simulación.....	80
Ilustración 3-49: Estado de máquinas en la simulación.....	81
Ilustración 4-1: Superficies de una máquina según el Método Guerchet	93
Ilustración 4-2: Área de máquina, operario y de trabajo de la mesa auxiliar	95
Ilustración 4-3: Área de máquina, operario y de trabajo de hidratación.....	96
Ilustración 4-4: Área de máquina, operario y de trabajo de cocción	98
Ilustración 4-5: Área de máquina, operario y de trabajo de enjuague	99
Ilustración 4-6: Área de máquina, operario y de trabajo de lavado	101
Ilustración 4-7: Área de máquina, operario y de trabajo del secado.....	102
Ilustración 4-8: Área de máquina, operario y de trabajo de molienda.....	104
Ilustración 4-9: Área de máquina, operario y de trabajo de la balanza.....	105
Ilustración 4-10: Área de máquina, operario y de trabajo de tamizadora	107

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** NORMA INEN 2389: LEGUMINOSAS. GRANO AMARGO DE CHOCHO
- ANEXO B:** NORMA INEN 2390: LEGUMINOSAS. GRANO DESAMARGO DE CHOCHO
- ANEXO C:** COTIZACIÓN DE LA MAQUINARIA
- ANEXO D:** MUESTRAS DE LA HARINA DE CHOCHO Y EL GRANO DE CHOCHO EN EL INIAP
- ANEXO E:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO EN INIAP – ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
- ANEXO F:** VISITA TÉCNICA EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY
- ANEXO G:** PLANO DE ESPACIOS DEL ÁREA DE LA MÁQUINA, OPERARIO Y ÁREA DE TRABAJO
- ANEXO H:** PLANO DE LA PLANTA ACOTADO

RESUMEN

La Corporación Sumak Tarpuy no cuenta con una línea de producción para elaborar harina de chocho, esto ocasiona que no se promueva el consumo de la harina de este grano a nivel nacional y a su vez, que no se sepa aprovechar la producción de chocho a nivel local y regional, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es diseñar y simular una línea de producción para elaborar harina de chocho en las instalaciones de la Corporación Tarpuy. La metodología que se implementó tuvo un efecto significativo en la distribución de la planta, ayudó a determinar las áreas de trabajo mediante el flujo de los materiales más importantes, de igual manera, con el análisis de capacidad para las máquinas, se analizó la cantidad de materia prima y materiales con los que se debe trabajar para obtener el producto final. De igual manera la metodología SLP ayudó a la identificación de las áreas con las que se va a trabajar y los procesos para elaborar la harina con su respectiva maquinaria y área de trabajo obteniendo una alternativa la cual ocupa menos del 50% de las instalaciones de la planta. Con la simulación de eventos continuos mediante el software Flexsim, se comparó la producción mensual de harina de chocho de forma analítica en función a su maquinaria, materiales y operario, también ayudó a identificar factores que influyen en los procesos que se basan en el desamargado de chocho mediante el método salino. De esta manera, se concluye que la línea de producción debe contar con procesos de secado, molienda y tamizado considerando al desamargado como una de las etapas más significantes.

Palabras clave: <DISTRIBUCIÓN EN PLANTA> <HARINA DE CHOCHO> <FLEXSIM (SOFTWARE)> <SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (METODOLOGÍA)> <CHOCHO (LUPINUS MUTABILIS)> <SUMAK TARPUY (CORPORACIÓN)>



SUMMARY

The Sumak Tarpuy Corporation lacks a production line for making lupin flour, which results in the underpromotion of lupin flour consumption nationwide and underutilization of lupin bean production at the local and regional levels. Therefore, the work aimed to design and simulate a production line for manufacturing lupin flour at the Sumak Tarpuy Corporation facilities. The methodology implemented had a significant impact on the plant layout, helping to determine the work areas through the flow of the most important materials. Additionally, with the capacity analysis for the machines, the amount of raw materials and supplies needed to obtain the final product was analyzed. Similarly, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology helped identify the areas to be used and the processes for producing the flour, along with the necessary machinery and work areas, resulting in an alternative that occupies less than 50% of the plant's facilities. By simulating continuous events using Flexsim software, the monthly production of lupin flour was analytically compared based on machinery, materials, and operators, and factors influencing the processes, especially the debittering of lupin using the saline method, were identified. Thus, it is concluded that the production line should include drying, milling, and sieving processes, with debittering being one of the most significant stages.

Keywords: <PLANT LAYOUT> <LUPIN FLOUR> <FLEXSIM (SOFTWARE)>
<SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING METHODOLOGY> <LUPIN (LUPINUS
MUTABILIS)> <SUMAK TARPUY (CORPORATION)>



Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo

0602603938

INTRODUCCIÓN

La Corporación Sumak Tarpuy está conformada por 304 familias pertenecientes a 25 comunidades ubicadas en los cantones Riobamba y Colta. Actualmente, se dedica a la producción de harinas de diversos granos andinos, así como a la elaboración y comercialización de cereales y galletas a partir de estas harinas. Uno de sus objetivos es aprovechar los productos agrícolas provenientes de las comunidades rurales de la provincia de Chimborazo, entre los cuales se destaca el chocho. En este contexto, la empresa busca implementar una línea de producción específica para la obtención de harina de chocho, optimizando el proceso de desamargado sin comprometer sus propiedades nutricionales. Por lo tanto, se propone el proyecto “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CHOCHO APLICANDO LA METODOLOGÍA SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY”. La importancia de este proyecto radica en satisfacer las necesidades tanto de la Corporación como de los productores, promoviendo un crecimiento económico para la empresa y los pequeños productores.

Este proyecto contiene una estructura de cuatro capítulos, que se explicarán a continuación:

Capítulo I. Se presenta el diagnóstico del problema identificado en el análisis de la empresa, se fundamenta la justificación y se establecen los objetivos que se persiguen en la investigación.

Capítulo II. Este capítulo se adentra en el marco teórico, realizando una revisión detallada de la literatura pertinente. Se examinan tanto las teorías existentes como los métodos metodológicos utilizados en investigaciones previas.

Capítulo III: Aquí se presenta el marco metodológico, basado en los conocimientos adquiridos durante la formación académica. Se proporcionan instrucciones precisas para la implementación de diversas metodologías y técnicas de ingeniería, con el objetivo de obtener resultados significativos y relevantes.

Capítulo IV. En este capítulo se proporciona un análisis detallado de los cálculos realizados, seguido de una interpretación exhaustiva de los resultados obtenidos.

Finalmente, se describen las conclusiones del proyecto, como el proceso de desamargado de chocho óptimo y eficiente (salino) con un tiempo total de procesamiento es 58 horas, y la inversión necesaria para la implementación de la línea de producción. También se presentan sugerencias para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En Chimborazo, la producción de chocho es de 122,75 toneladas anuales. Sin embargo, los bajos precios y el regateo en los mercados han llevado a los pequeños productores a buscar alternativas para utilizar el chocho en el desarrollo de diferentes productos. Ante esta situación, la Corporación Sumak Tarpuy ha considerado crear una línea exclusivamente dedicada a la elaboración de harina de este grano, además de elaborar y comercializar productos basados en ella, con el fin de expandir la gama de productos de la empresa.

Este proyecto requiere establecer la línea de producción de harina de chocho, incorporando un proceso de desamargado óptimo y eficiente. Esto implica buscar técnicas que permitan minimizar significativamente el uso del agua en el proceso de desamargado y el tiempo de obtención del producto, sin alterar las propiedades intrínsecas de la materia prima, cumpliendo con los estándares de seguridad alimentaria del INEN. De este modo, se asegura así la calidad y aceptación del producto por parte del consumidor. (León, 2017, pp. 105-109).

Asimismo, se suma un factor determinante a este escenario: la infraestructura existente, la cual impone limitaciones que deben ser consideradas de manera meticulosa en el diseño de la línea de producción. La disposición óptima de los equipos y espacios de trabajo, la evaluación de las distancias entre procesos y el tiempo dedicado a cada actividad son aspectos que se deben evaluar al diseñar la línea, tanto para aumentar la eficiencia operativa del trabajador como para maximizar la productividad en la empresa. (Fernández & Muñoz, 2020, pp. 84-88).

1.2. Justificación

La presente investigación se justifica porque la empresa no cuenta con una línea exclusivamente para producción de harina de chocho, con el objetivo de impulsar su producción, consumo, industrialización y comercialización, otorgándole así un valor agregado en comparación con otras harinas convencionales.

El chocho, a pesar de ser un grano de fácil adquisición y económico, ha sufrido una desvalorización enorme en Ecuador debido a la escasez de conocimiento de sus propiedades nutricionales, lo que repercute en su bajo uso y consumo por la sociedad. En este sentido, se busca

impulsar el consumo de esta leguminosa transformando el chocho en harina otorgándole así un valor agregado en comparación con otras harinas convencionales elaborando productos a base de su harina con un mayor valor económico.

Se puede promover la comercialización nacional de la harina, alentando el crecimiento de las empresas productoras de harinas, cereales y derivados. Esto generará nuevas fuentes de empleo y recursos económicos, mejorando la calidad de vida de todos los involucrados.

Los procesos aplicados en este proyecto son inofensivos para el medio ambiente, ya que no implican el uso de productos químicos que puedan ponerlo en riesgo. Este modelo de proyecto contribuye a que pueda ser adoptado por otras empresas que buscan implementar procesos productivos similares. Además, contribuye académicamente al quedar documentado en el repositorio de la institución, proporcionando así un recurso valioso para investigadores y futuros tesis que busquen referencias bibliográficas y metodológicas en proyectos similares.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una propuesta técnica de una línea de producción de harina de chocho aplicando la metodología Systematic Layout Planning en la Corporación Sumak Tarpuy.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de los procesos que conforman un sistema de producción de harina de chocho enfocándose en el proceso de desamargado mediante revisión bibliográfica.
- Identificar la maquinaria y equipo que conforman los procesos de fabricación de harina de chocho según el análisis de capacidad requerida en cada etapa.
- Diseñar una línea de producción eficiente y optimizada para la elaboración de harina de chocho utilizando la metodología SLP para maximizar la productividad y minimizar los tiempos de producción.
- Simular el proceso de producción de harina de chocho mediante el software FlexSim, para evaluar el flujo de los materiales y comparar con los resultados que se obtengan de manera analítica.
- Evaluar el costo de implementación de la línea de producción, incluyendo todos los gastos asociados a la adquisición de maquinaria, con el fin de determinar la viabilidad económica de dicho proyecto y tomar decisiones fundamentadas respecto a su ejecución.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Materia prima

2.1.1. Generalidades

El chocho, conocido científicamente como *lupinus-mutabilis*, es una leguminosa que tiene origen en los países andinos de Sudamérica que recientemente en la última década ha tomado una gran importancia para el cultivo y también como un elemento nutritivo para las familias ecuatorianas. Este grano se lo cultiva de forma tradicional en los países más andinos de la región sur del continente americano a partir de los 1500 m.s.n.m, se lo puede encontrar en países como Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia y Argentina (Villacrés et al., 2009, pp. 5-6). En la ilustración 2-1 se tiene un ejemplar de la siembra de chocho que se encuentra en INIAP-Santa Catalina.



Ilustración 2-1: Cultivo de chocho en INIAP Santa Catalina

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En Ecuador, se conoce a este grano con el nombre de “chocho”, es un alimento con un alto consumo debido a sus propiedades nutritivas estando compuesto de un 50% de proteína superior a la que contiene la soja, contiene menos hidratos de carbono en comparación a otras legumbres que se consumen de igual forma en la región. Se lo puede cocinar sin cáscara para utilizarlo en conjunto con otros productos que sean bajo contenido proteínico. Uno de los parámetros más importantes que permiten evaluar condiciones en función a la idoneidad, es el olor, de esta

manera, el consumidor optará por adquirir el producto o rechazarlos según el análisis visual que realice (Freire et al., 2021, pp. 64-78).

2.1.2. Composición química

Hoy en día, el chocho es un elemento de gran importancia en la producción alimenticia, se lo utiliza para reducir el consumo de carne en las personas. Estudios realizados recientemente demuestran que las proteínas con las que cuenta el chocho son consideradas por los beneficios que brindan al cuerpo humano y no solo por su valor nutricional. Al hablar de beneficios para el cuerpo humano, están las actividades, hipoglucemiantes, hipotensoras, hipolipidémicas, anticancerígenas y antiobesidad. En el apartado de composición química se tiene que estos granos son compuestos de propiedades que benefician a la salud de los seres humanos que son: lupinus albus, lupinus luteus y lupinus angustifolius que muestran una gran calidad nutricional en comparación con otros alimentos. Este grano cuenta con un contenido del 18% por encima de otros lupinos como fuente de aceite y un 20% en comparación con el aceite de soja (Czubinski et al., 2021, p 1-2).

2.1.3. Producción del chocho

Para el año 2020 se producían alrededor de 1 725 toneladas de chocho a nivel nacional, esto se logró con la capacitación a agricultores y acompañamiento técnico por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador. Un estudio realizado por este ministerio indica que el consumo promedio del grano de chocho en el país es de 8 kg/año por cada habitante. La provincia de Chimborazo es una de las que más produce este grano a nivel nacional siendo Guano, Riobamba y Alausí los cantones que más se dedican a esta actividad (Márquez, 2020).

Por otra parte, Perú es uno de los países de la región andina que también se dedica a la producción de este grano, a diferencia con el Ecuador, existe una producción de 15 830 toneladas registrada en el año 2020 manteniendo esos niveles de producción con el pasar de los años lo que lo convierte en un gran competidor junto con Chile como los países mayores productores de chocho. Es necesario mencionar que, en otros países de Sudamérica, se conoce como “tarwi” al grano de chocho (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022). En la ilustración 2-2 se tiene una comparativa entre los países de la región andina que producen toneladas de chocho anualmente.

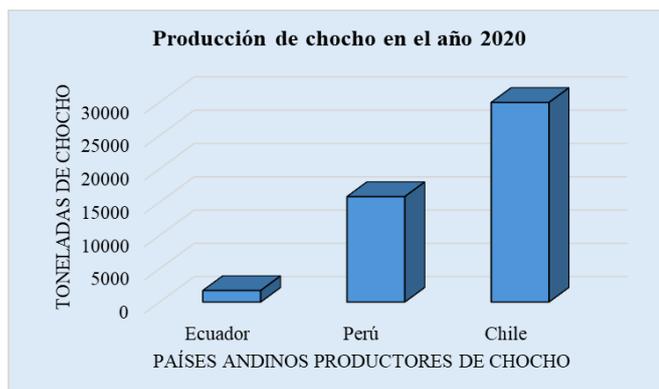


Ilustración 2-2: Producción de chocho en el año 2020.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

La provincia de Chimborazo es la principal productora de chocho en el país. Los cantones de Chunchi, Alausí, Guano y Guamote son los más dedicados a la producción de este grano en la provincia, lo que ha generado la existencia de numerosas asociaciones y productores que se dedican a la siembra y cosecha de chocho de igual forma, este grupo de personas ayuda a que la provincia de Chimborazo se mantenga en los niveles más altos de producción del lupino a nivel nacional.

Para el año 2024, el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Chimborazo ha registrado que hay una superficie de 122 750 kg de chocho sembrado, lo que equivale a 2 455 quintales, representando el 70% de la producción total. En Chimborazo, hay dos épocas principales de cosecha: diciembre-enero y julio-septiembre. Debido al ciclo del cultivo, la mayoría de los productores cosechan chocho una vez al año. (MAGAP, 2024). En la ilustración 2-3 se observa los niveles de producción de chocho en la provincia de Chimborazo.

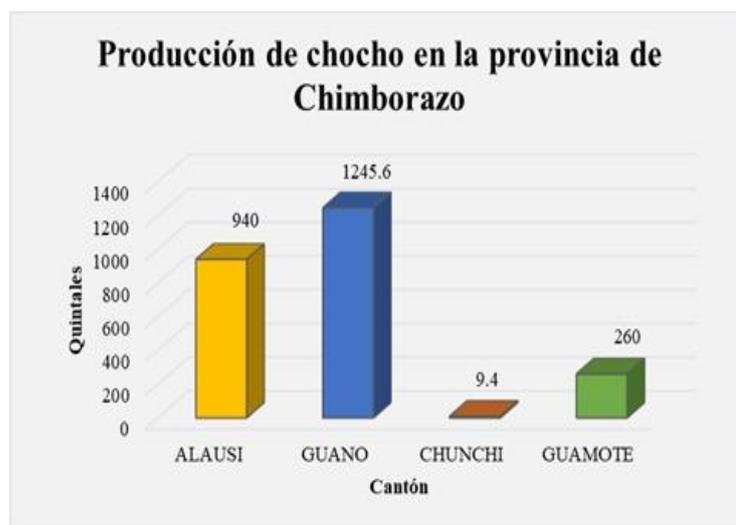


Ilustración 2-3: Producción de chocho en Chimborazo

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

2.2. Harina de chocho

Una de las grandes características de la harina de chocho, es su baja proporción de grasas, representando un 10 % en grasas solubles: omega 3 y 9, rica en fibras insolubles, lecitinas y ácidos glicólicos. El chocho al encontrarse en un estado de harina, se puede alcanzar la cantidad de 44,6 g de proteína al considerar 100 g de porción que se va a consumir.

La harina de chochos, al ser un ingrediente suave, rico en almidón y fino, se lo puede encontrar en cualquier mercado comercial ya que se lo puede utilizar en diferentes preparaciones como: pan, sopas, galletas y como ingrediente principal para realizar postres. Se recomienda el consumo de este grano porque es un producto obtenido por la molienda del chocho de forma industrial o manual. El tacto puede ser uno de los mejores inspectores de calidad, el olor debe ser agradable ante los consumidores con un sabor dulce y color blanco con un tono ligeramente amarillo (Llerena, 2022, p. 71).

2.2.1. Exportación de la harina de chocho

Cotopaxi es una de las provincias del Ecuador que también se dedica a la producción de esta leguminosa produciendo anualmente un total de 42 750 kg, pero también a la elaboración de harina de chocho. Para el año 2022, Cotopaxi exportó 300 toneladas de harina de chocho hacia los Estados Unidos con la intención de abarcar también el mercado europeo por medio de la empresa Nindalgo S.A., empresa que se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi y se dedica a la elaboración de productos a base de chocho como materia prima que llega por parte de 750 agricultores de la zona. (Armijos, 2022)

2.2.2. Beneficios de la harina de chocho

La harina de chocho contiene grandes beneficios para el consumo humano, entre los más importantes están:

- Fortalecimiento de los huesos y dientes.
- Contribuye en gran parte a la etapa de crecimiento de los niños.
- Es apto para personas que son intolerantes a la lactosa.
- Controla los niveles de glucosa en la sangre.
- Favorece el desarrollo óptimo del sistema nervioso central y fortalece la respuesta inmunológica contra enfermedades e infecciones.
- Disminuye los niveles de colesterol y protege al corazón. (Kera Super Food, 2022)

2.3. Desamargado del chocho

El desamargado del chocho es un proceso fundamental en la elaboración de cualquier producto ya que este grano contiene alcaloides el cual no permite que su consumo sea directo, por ello se requiere de un proceso que elimine esos componentes. Uno de los procesos más comunes es la hidratación la cual puede llegar a durar alrededor de 20 horas para que el grano sea hidratado en su totalidad y se pueda extraer los alcaloides. Luego se continúa con la etapa de cocción que va de media hora a 6 horas con el propósito de inactivar algunas encimas germinativas y deterioradoras. Tras estas etapas, la eliminación de alcaloides puede realizarse biológicamente, química o acuosa, pero este procedimiento puede durar 5 días consumiendo una cantidad considerable de energía y de unos 63 kg de agua.

2.3.1. Factores

Uno de los procedimientos para determinar de qué forma se puede eliminar la cantidad de alcaloides con los que cuenta el grano de chocho, son los experimentos. En un diseño experimental en el cual se consideran cuatro factores: tiempo de cocción, tiempo de lavado, cantidad de lavados y relación chocho-agua modificando los niveles en los factores con los que se trabajaron, se tuvo como conclusión que los factores en estudio resultan ser muy significantes en la disminución de alcaloides en el proceso de desamargado de chocho. Como conclusión, se tuvo que se están elaborando nuevos métodos que sean más efectivos para eliminar estos componentes que no son actos para el consumo directo del grano en los seres humanos, se debe también ajustar diferentes factores y no dejar de considerar algunos factores ambientales como el estrés del cultivo del chocho, el suelo y/o el clima. (Gutiérrez et al., 2016, pp. 145-149).

2.3.2. Tipos de desamargado de chocho

El chocho, al ser un alimento muy nutritivo y saludable para el cuerpo humano, tiene un inconveniente a su consumo directo al presentar alcaloides tóxicos, entre otros componentes que ayudan a la presencia de un sabor amargo. Para disminuir la intoxicación, se debe recurrir a un proceso de desamargado en el cual se elimina hasta un 99,2% de estos alcaloides, el cual, la etapa de cocción es primordial para eliminarlos en gran porcentaje (Vásquez et al., 2019, pp. 53-59).

2.3.2.1. Desamargado con agua

El desamargado de chocho con el uso de agua es uno de los métodos más tradicionales que se realizan en algunas regiones en las que se produce este grano y que la han realizaron los

agricultores para eliminar la cantidad de alcaloides que se encuentran en el grano, este método consiste en cocinar los granos durante una hora para luego ponerlos en bolsas de tela dejándolos en agua con la corriente de los ríos por alrededor de 10 días. Al realizar este método, la garantía de que este grano no afecte a la salud de las personas es baja. El proceso en el que se incluyen las etapas de hidratación, cocción y lavado realizado por el INIAP ayudó a mejorar el desamargado en el chocho. (Silva, 2013, pp. 42-43).

2.3.2.2. Desamargado por fermentación

Este proceso se refiere a los productos que son derivados del proceso que se encarga en transformar los carbohidratos en ácidos orgánicos o alcohol, utilizando microorganismos como bacterias, mohos o levaduras, en ciertas condiciones anaeróbicas (Quitio & Solórzano, 2020, pp. 3-4).

2.3.2.3. Desamargado por germinación

El desamargado por germinación se trata de que un embrión experimenta su desarrollo hasta lograr la fase de planta. Este procedimiento ocurre cuando el embrión se expande y se rompe la cubierta de su semilla. Para que este tipo de desarrollo suceda, esta planta necesita de elementos importantes como una adecuada temperatura, dióxido de carbono, sales minerales y agua. Se han encontrados diversos tratamientos químicos para eliminar el contenido de alcaloides en granos que contenga el 4,2% de este componente químico, sin embargo, estos procedimientos llegan a generar una pérdida de la masa del grano generando un impacto negativo en el medio ambiente (Quitio & Solórzano, 2020, pp. 6-7).

2.3.2.4. Desamargado INIAP

El INIAP ha rectificado el proceso tradicional para desamargar chocho con el propósito de mejorar las características de este grano, el método tradicional enfrenta desafíos en función a la contaminación del producto debido a que no se utiliza agua potable para el proceso. El método desarrollado por este instituto ha arrojado mejores resultados rigiéndose a criterios de calidad, siendo la selección de granos como una etapa primordial para empezar con el procedimiento. Como conclusión se tiene que el rendimiento del proceso mejora notablemente en un 85%.

2.3.2.5. Desamargado mediante el Proceso “Cusco”

Este método tiene similitudes con el método desarrollado por Tapia en 1981 diferenciándose en el tiempo de duración del proceso para la obtención del producto final, este método incluye fundamentalmente 3 etapas:

Hidratación: la hidratación se realiza con agua a temperatura de 40°C durante un tiempo de 24h, obteniendo como resultado que el grano incremente su peso inicial hasta en un 240%

Cocción: este procedimiento se lo realiza dos veces en una olla a presión, cada procedimiento se lo realiza durante 40 minutos y se hace un cambio de agua. Esta etapa ayuda a reducir significativamente la cantidad de alcaloides que se encuentran presentes en el chocho.

Lavado: el lavado de los granos se lo realiza en un tanque de agua que esté equipado con un agitador a motor con una duración de 2 a 3 horas, el agua debe estar a una temperatura de 40°C para que se puedan eliminar los alcaloides presentes en el grano (León, 2017, pp. 45-46).

2.4. Conceptualización de términos básicos para la distribución de plantas

2.4.1. *Distribución de planta*

Este concepto se refiere a la correcta organización físicas de los componentes que se encuentran en una planta industrial, específicamente a las áreas de trabajo y principalmente a los elementos más influyentes en las líneas de producción de las empresas. Para lograr una correcta distribución, se debe analizar los productos o servicios que ofrecen las empresas, las actividades u operaciones y las áreas de trabajo para la producción, también se debe contar con los espacios para los equipos y máquinas de trabajo, operarios, manejo y almacenamiento.

Para que exista una excelente distribución en la planta, se deben involucrar algunos elementos de forma correcta como: personas, materiales, máquinas, actividades que agregan valor y factores que poseen los equipos de trabajo para así poderse conectar entre todos los elementos (Ortiz & Zúñiga, 2022, pp. 32-36).

2.4.2. *Distribución por proceso*

Este tipo de distribución se basa en el proceso en el cual la maquinaria y los servicios con los que cuenta la planta se organizan dependiendo de las funciones específicas que posean. Esta distribución es utilizada en situaciones en las cuales no existen grandes volúmenes de producción en función a los diferentes productos que ofrece una empresa, también es utilizada cuando estos

volúmenes de producción cambian. Otro factor para recurrir a este tipo de distribución es cuando la distribución del grupo o la del producto, resultan prácticas. Esta distribución genera bajos volúmenes de producción, pero considera una mano de obra calificada (De la Fuente & Fernández, 2005, pp. 15-18).

2.4.3. Producción por lotes

Es tipo de producción genera un lote reducido de productos, pero se tiene una variedad de ejemplares para ofrecer a las compañías. En comparación a la producción de productos de forma artesanal, se destaca por poseer una mayor uniformidad en los productos que se producen y la relación corta entre las actividades necesarias a realizar (Fernandez et al., 2011, pp. 63-66).

Cuando existe una producción de varios artículos que estén en contra del almacenamiento, se opta por un sistema de producción por lotes, ya que este sistema comienza la producción de un artículo y cuando se alcanza la cantidad pronosticada, la maquinaria y los elementos que influyen en la producción se detienen para prepararla considerando un costo, de esta manera comienza la producción de cualquier otro producto, repitiendo el mismo procedimiento (De la Fuente & Fernández, 2005, pp. 15-18).

2.4.4. Maquinaria

2.4.4.1. Secadora de aire de granos

La secadora de granos es una máquina que cuenta con la tecnología necesaria para secar varios tipos de cereales y leguminosas. El secado de granos es un proceso indispensable para que se realice la comercialización y conservación de estos elementos, por lo que, los secadores de granos se han convertido en una herramienta de suma importancia para los agricultores o de forma general, para la explotación agrícola sin importar su infraestructura.

La máquina secadora de granos se encarga en trabajar el producto de tal manera que se logre eliminar el exceso de humedad que contenga. El proceso de secado se basa en la separación o sustracción parcial de la cantidad de agua que contienen los granos, esta eliminación de agua se produce por un efecto de evaporación que se debe a la transferencia de moléculas de agua hacia el aire que circula en el exterior por medio de la diferencia de presiones entre el vapor de agua en conjunto con los granos y el aire. (MECMAR, 2023)

En la ilustración 2-4 se puede apreciar un ejemplar de una máquina de secado de aire producida por la marca italiana MERCAR.



Ilustración 2-4: Secadora de granos

Fuente: (MECMAR, 2023)

2.4.4.2. Molino de martillo

El molino de martillo es una máquina utilizada en la industria alimentaria, farmacéutica, química, entre otras para moler y triturar granos en un fino polvo. Esta herramienta está compuesta por una serie de martillos que se encuentran montados en un rotor, este elemento gira a grandes velocidades en una cámara cilíndrica. Los materiales son golpeados por los martillos que están en movimiento una vez que han sido introducidos en la cámara del molino logrando obtener partículas diminutas.

Un molino de martillo, además de moler granos, se encarga en moler productos de la industria farmacéutica, todo tipo de hierbas, productos químicos y diversos materiales para convertirlos en polvo fino, estos materiales pueden ser: arroz, trigo, avena y muchos granos más.

A comparación de otros molinos, el molino de martillo suele ser más eficiente debido a que puede triturar diferentes materiales o granos con gran precisión y fuerza, tienen un tiempo de vida largo y pueden funcionar por largos períodos de tiempo sin realizar mantenimiento, así mismo, suelen ser muy costosos y complejos a la hora de manipularlos. (VIEIRA, 2022)

En la ilustración 2-5 se encuentran los molinos de martillo que ofrece la marca brasileña VIEIRA.



Ilustración 2-5: Molino

Fuente: (VIEIRA, 2022)

2.4.4.3. *Tina de acero inoxidable*

La tina de acero inoxidable es un recipiente utilizado en la industria alimentaria, específicamente en la láctea por sus grandes características como la resistencia a la oxidación, higiene y rigidez. Está compuesta principalmente por acero inoxidable el cual cuenta con aleaciones en las cuales se contiene un 11% mínimo de cromo (agregando elementos a la aleación como molibdeno, cobre o níquel), esta capa es una película extremadamente delgada, estable y continúa dejando inerte a las reacciones químicas. (COSMOS, 2023)

En la ilustración 2-6 se puede observar el ejemplo de una tina de acero inoxidable para diferentes tipos de procesos para diversos alimentos.



Ilustración 2-6: Tina de acero inoxidable

Fuente: (INOXIDABLES PERUANOS, 2023)

2.4.4.4. Olla de cocción industrial

Las ollas industriales son recipientes que cuenta con grandes capacidades para cocinar alimentos en diversos procesos industriales, además, en algunos modelos de diferentes marcas, existen ollas con doble pared que permite la circulación de vapor, de esta manera, se garantiza que la olla alcance temperaturas de cocción correctas. Estas ollas de cocción industrial están conformadas por un contenedor cilíndrico que es en donde se alojan los alimentos o ingredientes, teniendo una configuración horizontal o vertical, fabricada en acero inoxidable con el objetivo de cumplir las grandes exigencias higiénicas.

Además de contar con la seguridad biológica para preparar productos, estas herramientas no necesitan de un mantenimiento complejo, son elementos que se encuentran fijos calentando en condiciones de presión o al vacío pudiendo configurar la temperatura. (FOETH, 2023)

2.4.4.5. Agitador industrial

Los agitadores industriales son utilizados en instalaciones en las cuales existen tanques o depósitos para procesar líquidos en donde se requiere de un movimiento rotatorio, este movimiento se lo realiza dentro del recipiente para que se pueda implementar diferentes procesos físicos. Estos agitadores son utilizados en reactores o tanques, constan de un recipiente cilíndrico y un agitador mecánico el cual es accionado por un motor eléctrico y se encuentra montado sobre un eje. (Sagaf fluid, 2023)

2.4.4.6. Tamizadora

El tamizado es un proceso en el cual se separa partículas finas de otras partículas mediante una serie de tamices que pueden ser de diferentes tamaños de malla clasificando el material por tamaño o forma dependiendo de los requerimientos que se den. Para lograr esta separación, se usa una máquina tamizadora, encargada de separar de forma mecánica cualquier material en función al tamaño de la partícula, agitando el material con relación a una pantalla. El material con el que se trabaja puede ser cualquiera, debe fluir libremente sobre el tamiz, las aplicaciones más comunes de esta maquinaria se encuentran en la industria alimentaria como todo tipo de harinas, azúcares y bicarbonato de sodio; de igual manera se encuentra en el entorno maderero, farmacéutico, plásticos y cauchos (Espinosa & Varela, 2019, pp. 65-67).

2.5. Procesos para elaborar harina de chocho

2.5.1. *Recepción de la materia prima*

La etapa inicial en la producción de alimentos es la recepción de materias primas, donde resulta esencial examinar ciertas cualidades como el color, aroma, consistencia, temperatura al llegar, así como el embalaje y la etiqueta del producto (Romero, 2021, pp. 5-6).

2.5.2. *Almacenamiento de la materia prima*

Es necesario indicar que el proceso o etapa de recepción, clasificación y selección de los granos de chocho se la realiza específicamente en meses de cosecha de chocho, posteriormente, los granos son almacenados para su proceso a lo largo del año.

2.5.3. *Hidratación*

En el proceso de hidratación, empieza la eliminación del amargor del chocho, esto se logra colocando granos seleccionados, granos que estén secos y amargos en un recipiente, luego ese recipiente se lo coloca en una tina de acero inoxidable que se encarga en realizar el proceso de hidratación con agua a 40°C de temperatura. Es necesario que el agua cubra la cantidad de materia prima con una relación de 1:1,5 chocho-agua. La duración de esta etapa es de 24 horas para que el grano logre a alcanzar un 75% de nivel de humedad.

2.5.4. *Cocción*

Luego de hidratar los granos, el agua debe estar a una temperatura inicial de 40°C, en esta etapa los granos son introducidos en el tanque de cocción con la ayuda de un tecele hidráulico, posteriormente el tanque se cierra para que el agua alcance los 125°C de temperatura para que la cocción se realice durante 40 minutos. Después de esta etapa se quita el agua que se usó en la cocción y se realiza otra cocción similar a la primera.

2.5.5. *Lavado*

Se introduce agua a 40°C en el tanque de lavado, esta agua debe ser apta para el consumo humano, a lo largo de este proceso, se agrega agua hipoclorito de calcio en una relación de 15g de este componente por cada 2 500 litros de agua. Este procedimiento se lo realiza en el primer y segundo lavado para asegurar el consumo de este producto.

2.5.6. Selección y control de calidad

Con la ayuda de un tecele hidráulico, se traslada los granos hasta una mesa de acero inoxidable, se ubica este equipo con una inclinación para ayudar con el drenaje del agua que contiene el chocho. La selección de los granos se la realizan manualmente con el objetivo de que el producto final muestre una tonalidad uniforme, correcto sabor y aroma. Los granos que no se encuentran hidratados, presenten imperfecciones, no cuenten con el color correcto o los que no tengan la cáscara, serán desechados en función a los requerimientos de la norma NTE INEN 2390.

2.5.7. Lavado 2

Este procedimiento es uno de los primeros en los procesos de producción, normalmente, a escala pequeña, esta etapa se la puede realizar en recipientes en los cuales pueda circular el agua con normalidad o simplemente se lo puede realizar en donde exista agua estacionaria para poderla cambiar con regularidad.

2.5.8. Secado

En la etapa de secado, la deshidratación de los granos es un procedimiento singular que se encarga de separar los granos de los líquidos. Cuando los materiales que se encuentran en estado sólido y que contienen un grado de humedad, son sometidos a deshidratación térmica en la cual ocurren dos acciones: transferencia de energía que existe en el entorno para eliminar la humedad de la superficie y la humedad interna del chocho se traslada hacia la superficie del grano.

2.5.9. Molienda

La molienda está compuesta por la pulverización y la fragmentación de los granos, sin embargo, fragmentación se refiere a la reducción del tamaño de los compuestos de partículas que se encuentran en el grano, dicho de otra forma, no es necesario que exista alteración en el tamaño de partículas que conforman una mezcla. La pulverización reduce el tamaño de las partículas del grano a tratar (León, 2017, pp. 54-58).

2.5.10. Empaquetado y etiquetado

Es la etapa final en la cual se resguardan los productos alimenticios de la exposición a la luz, humedad y agentes contaminantes que se encuentren en el ambiente. El envase debe incluir

información necesaria y clara para el consumidor acerca del origen y la naturaleza del producto (FAO, 2003).

En la ilustración 2-7 se encuentra un diagrama de flujo que conforma la elaboración de la harina de chocho con el respectivo procedimiento para desamargar el grano.

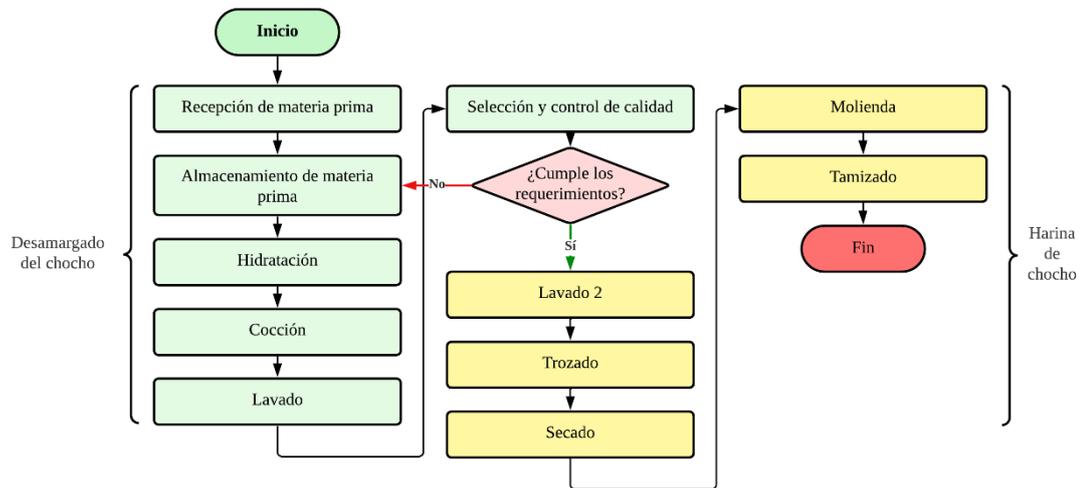


Ilustración 2-7: Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de chocho

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

2.6. Metodología SLP

La metodología SLP fue diseñada para planificar la distribución en las instalaciones que contiene una empresa, aunque es utilizada en diferentes áreas, ha sido adaptada en todo el contexto industrial, esta técnica es de las más requeridas para resolver inconvenientes en la distribución de instalaciones. Su método de aplicación es basado en criterios cuantitativos para ofrecer una disposición de las instalaciones con el propósito de reducir los costos de producción y aumentar la productividad. Muchas empresas acuden a la implementación de esta metodología para la toma de decisiones y la evaluación de las alternativas para identificar la más ventajosa.

Esta metodología no solo se basa en la distribución de las instalaciones, también se enfoca en la adecuación de los procesos, sin embargo, para la aplicación de este método se requiere de la información claramente detallada de los procesos que influyen en la producción y el flujo de materiales. Para optar por la mejor alternativa, se debe considerar cada detalle que intervenga en la producción. Es importante analizar los efectos a largo plazo de las modificaciones que se pretenden realizar antes de ejecutar los cambios en las organizaciones. Los gastos para ejecutar estos cambios requieren de una justificación fundamentada. Es crucial comprender las necesidades de espacio para cada procedimiento y comprar los requerimientos que tiene la planta

con la superficie disponible, realizando la metodología de esta manera, se evita planificar en áreas que tal vez la compañía no posea (Álvarez et al., 2022, pp. 1-11).

2.7. Simulación de eventos continuos

En algunos procesos industriales, específicamente en procesos que se realizan en las plantas químicas y refinerías de petróleo, requiere de material fluido. Cuando se simula en estos sistemas, es importante considerar que estos elementos que conforman un sistema van a experimentar cambios continuos en función al tiempo. La mayoría de los trabajos de investigación para el área de la simulación, se concentran en la modelación de eventos discretos, estos eventos cambian en momentos específicos del tiempo. Es necesario aclarar que no todos los sistemas se los pueden catalogar como continuos o discretos ya que en algunas situaciones se tiene simulación de eventos en los cuales se unen los sistemas y algunos autores, a este tipo de simulación la llaman modelos híbridos (Simón et al., 2013, pp. 16-17)

2.7.1. Descripción del software

FlexSim es un software que proporciona una interfaz eficiente para modelar y comprender con gran precisión los inconvenientes o problemáticas que se encuentran en un sistema sin la necesidad de una programación complicada. Tiene su enfoque en la elaboración de modelos de simulación facilitando la elaboración de modelos que sean complejos. Este software tiene una amplia gama en aplicaciones a nivel mundial en los diferentes campos de la industria como: salud, en la logística de operaciones con contenedores para los puertos, en empresas manufactureras, industria minera, aeroespacial y ha sido evidente su versatilidad en las industrias hoteleras, hospitales, supermercados y demás, permitiendo simular gestión que involucra los recursos humanos con sus respectivas operaciones (Simón et al., 2013, pp. 27-29).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En la presente investigación, se abordó el diseño de una línea de producción de harina de chocho con un enfoque particular en la optimización del proceso de desamargado. En este contexto, se exploran procesos que permitan mantener la calidad del producto final, optimizar recursos y una producción eficiente. La aplicación de técnicas y metodologías específicas en el diseño de distribución de plantas son un elemento clave para alcanzar los objetivos planteados.

3.1. Fundamentos de la metodología

3.1.1. *Tipo de investigación*

La investigación propuesta se enmarcó en un estudio de tipo aplicado, orientado a desarrollar un sistema productivo óptimo para la Corporación Sumak Tarpuy. Para abordar esta necesidad, se ha optado por diseñar la línea considerando los principios de la metodología SLP (Sistemas de Localización de la Producción), los cuales implican la identificación y análisis de flujos de materiales y recursos, la optimización de la disposición física de equipos y estaciones de trabajo, así como la evaluación de diversas alternativas de diseño para lograr una distribución eficiente y ergonómica.

Además, se llevaron a cabo simulaciones computarizadas con el fin de evaluar el desempeño y la eficiencia de la línea de producción propuesta. Estas simulaciones considerarán variables como la capacidad de producción, los tiempos de ciclo, los costos operativos y la utilización de recursos. Dichas simulaciones permitirán realizar ajustes y optimizaciones antes de la implementación final de la línea de producción, asegurando así su adecuado funcionamiento y maximizando su rendimiento.

3.1.2. *Enfoque de la investigación*

Este estudio adoptó un enfoque mixto, ya que combina la metodología SLP con el método Guerchet para que la línea de producción de harina de chocho sea diseñada bajo condiciones controladas tanto físicas como químicas, garantizando la obtención de una harina de alta calidad y rentable.

3.1.3. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación se centró en el diseño de una línea de producción de harina de chocho optimizando el proceso desamargado en la Corporación Sumak Tarpuy aplicando la metodología SLP y utilizado el software FlexSim para la simulación del proceso productivo. Se focalizará en identificar y proponer un proceso óptimo considerando las limitaciones impuestas por la infraestructura y maquinaria existente, con el objetivo de reducir el tiempo de obtención del producto y minimizar el uso del agua, sin comprometer las propiedades intrínsecas del chocho.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño de investigación-acción

Se implementó un diseño de investigación-acción para intervenir en el proceso del diseño y la simulación de la línea de producción, el empleo de este diseño asegura que la investigación no solo identifique los problemas existentes, sino que también participe activamente en la creación e implementación de soluciones prácticas y efectivas, alineadas con los objetivos estratégicos de la Corporación Sumak Tarpuy.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.3.1. Métodos de investigación

Se aplicó métodos de investigación bibliográfica relacionados con casos de estudio al desamargado de chocho, diseño de líneas de producción, elaboración de harina de chocho, simulación de procesos y la metodología SLP y también se realiza investigación de campo, adaptada a la recopilación y evaluación de datos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener información que nos ayude a cumplir con los objetivos planteados.

3.3.2. Técnicas de investigación

Se empleó diversas técnicas de investigación para obtener datos precisos y completos que respalden la formulación y evaluación de la propuesta entre las técnicas utilizadas, se destacan la observación directa de los procesos existentes, la simulación para modelar y evaluar el proceso productivo de la línea, además, se llevó a cabo entrevistas con el personal encargado para recopilar información sobre las prácticas actuales y las posibles oportunidades de optimización.

3.3.3. Instrumentos de investigación

Se utilizaron herramientas específicas que se alinearon con los requisitos y la perspectiva del proyecto.

3.3.3.1. Flexómetro

Es un instrumento de medición portátil utilizado para medir longitudes de algún objeto. En este proyecto en particular se utilizó para calcular las dimensiones de las superficies de la planta. Gracias a estos datos, fue posible elaborar los planos respectivos de la planta de manera precisa, facilitando una distribución adecuada de los espacios y disposición eficiente de los equipos y maquinaria.

3.3.3.2. AutoCad

Es un software de diseño asistido por computadora para dibujo 2D y 3D y se utilizó para el dimensionamiento de los espacios de trabajo de cada máquina y elaboración del plan real de la planta.

3.3.3.3. FlexSim

Es un software de simulación 3D que permite modelar, analizar y visualizar un proceso y se utilizó para modelar y simular el proceso productivo de la línea y así poder evaluar el rendimiento del sistema y de esa manera predecir sus posibles impactos antes de su implementación real.

3.3.3.4. Microsoft Word

Es un software que permite el procesamiento de textos y se utilizó para la creación de documentos.

3.3.3.5. Microsoft Excel

Es un software que permite realizar hojas de cálculo y se utilizó para el procesamiento de datos y la realización de tablas.

3.4. Caracterización general de la empresa

3.4.1. Lugar de estudio

La planta se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Guano, Barrio Santa Teresita en la Av. Los Elenes. En la ilustración 3-1 se muestra la ubicación geográfica, utilizando Google Maps.

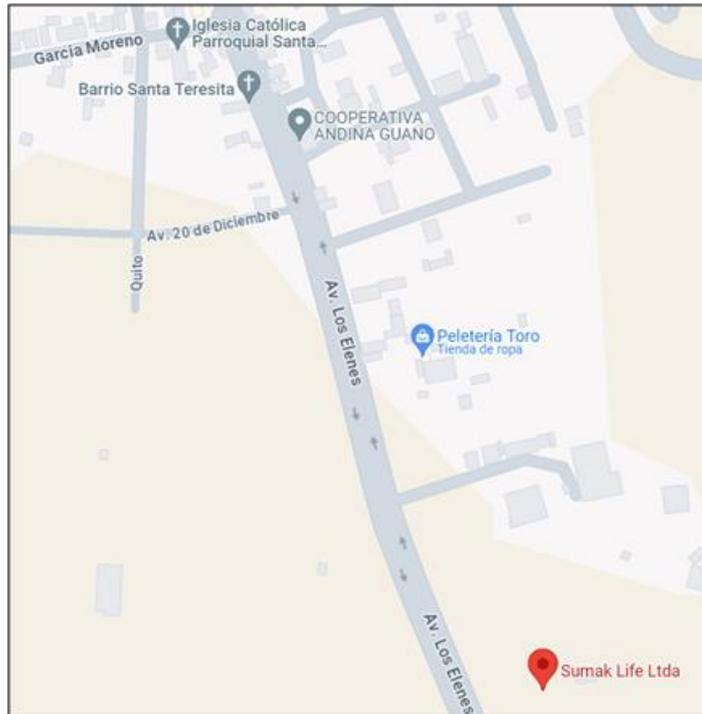


Ilustración 3-1: Geolocalización de la empresa

Fuente: Google Maps, 2024.

3.4.2. Misión

Organización que capacita, educa y comercializa productos agrícolas andinos y sus procesados de sus socios, mejorando la economía familiar de los mismos, brindando fuentes de trabajo a los hijos jóvenes, con equidad de género, enmarcados dentro del SUMAK KAWSAY (Buen Vivir).

3.4.3. Visión

SUMAK TARPUY es una Organización sólida con incidencia social, manejando Unidades Productivas, que generan economía propia, creando fuentes de trabajo para jóvenes, con equidad

de género, que produce, industrializa y comercializa productos andinos, manteniendo la soberanía alimentaria y la agroecología.

3.5. Proceso general de obtención de harina de chocho

La obtención de la harina comienza con la selección y limpieza de las semillas para eliminar impurezas, seguido de un proceso de desamargado que incluye remojo, cocción, lavado y remojo prolongado cambiando el agua regularmente durante varios días hasta eliminar los alcaloides amargos. Una vez desamargadas, las semillas se secan al sol o con secadores mecánicos y se muelen. La harina resultante se tamiza para obtener una textura fina, y luego se envasa herméticamente para protegerla de la humedad y oxidación. Finalmente, la harina se almacena en un lugar fresco y seco para conservar su calidad y propiedades nutricionales (CÉSPEDES GIRA, 2021).

3.6. Métodos de desamargado de chocho

El chocho requiere un proceso de desamargado para eliminar los alcaloides (sustancias amargas y tóxicas) mismo que están presentes en los granos.

3.6.1. Alternativa A – Proceso convencional

Los pasos que se siguen para obtener la harina de forma tradicional se describen a continuación: Se llevó a cabo el proceso de hidratación de 2 kg de chocho durante 18 horas, utilizando una relación de 1:2.5 (peso de chocho: peso de agua). Los granos de chocho y el agua se colocaron en recipientes de plástico con capacidad de 15 L. Para la cocción, se empleó la misma proporción mencionada anteriormente y los granos hidratados se transfirieron a una olla de aluminio de 50 L. El proceso de cocción se realizó en 1 hora a 87°C, con una llama moderada y sin tapar la olla. La fase de lavado se llevó a cabo en los mismos recipientes de plástico utilizados en la hidratación, manteniendo la misma relación de chocho y agua, durante 7 días y realizando 3 cambios de agua diarios (a las 10:00, 14:00 y 18:00 horas). Al inicio de cada cambio de agua, se registró el peso del chocho en estado húmedo, se midió la cantidad de agua añadida y se recolectaron aproximadamente 500 ml de las aguas desechadas durante los primeros 8 lavados (Espejo, 2017, p. 12). En la ilustración 3-2 se detalla el diagrama de flujo del desamargado tradicional de chocho.

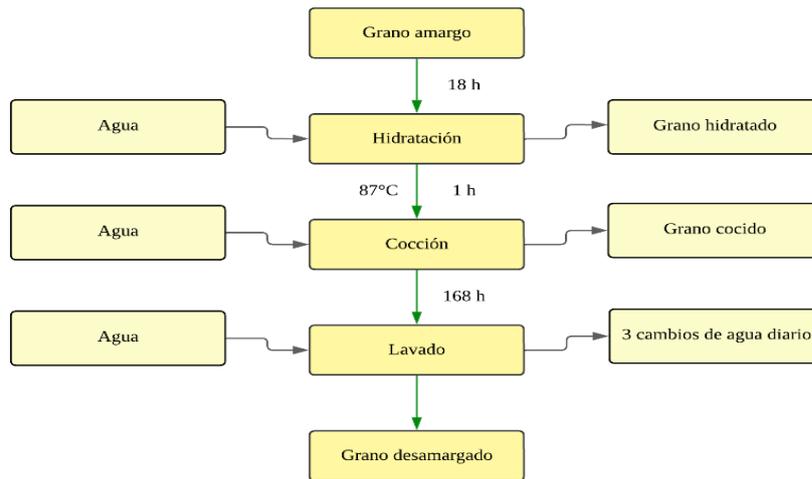


Ilustración 3-2: Diagrama de flujo del desamargado tradicional de chocho

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.6.2. Alternativa B – Proceso tecnológico

El proceso de tratamiento térmico salino consiste en la incorporación de un 0,5% (en peso del soluto respecto al volumen de la solución) (p/v) de sal al agua destinada para las fases de hidratación, cocción y primer lavado del grano a 35°C. La hidratación se lleva a cabo a una temperatura inicial de 80°C durante un período de 8 horas, empleando una relación de 1:3 (grano de chocho: agua salina) en condiciones estacionarias, sin aplicación de agitación. Posteriormente, el grano es sometido a una cocción a 91°C durante 1 hora, utilizando una proporción de 1:3 (grano de chocho: agua salina), con cambio de agua efectuado tras los primeros 30 minutos de cocción. La etapa de lavado del grano se realiza con agua salina mediante un sistema de agitación a una velocidad de 10,6 L/min. Durante las primeras 6 horas de lavado a 35°C, se empleó una relación de 1:15 (grano: agua salina), mientras que en las 22 horas siguientes de lavados se aplicaron proporciones de 1:5 (grano de chocho: agua salina). Los lavados subsecuentes y cambios de agua salina se llevaron a cabo en intervalos específicos de: 3 horas, 3 horas, 16 horas, 3 horas y 3 horas. Posteriormente, se utiliza agua potable a 18°C con el propósito de eliminar la sal retenida en el grano; y finalmente se implementaron dos cambios de agua con una relación de 1:7,5 (grano de chocho: agua), el uno a las 18 horas y el otro a las 3 horas (Villacrés et al., 2020, p. 2168).

La ilustración 3-3 presenta el diagrama de flujo del desamargado salino, el cual consta de varias etapas y se detallan a continuación:

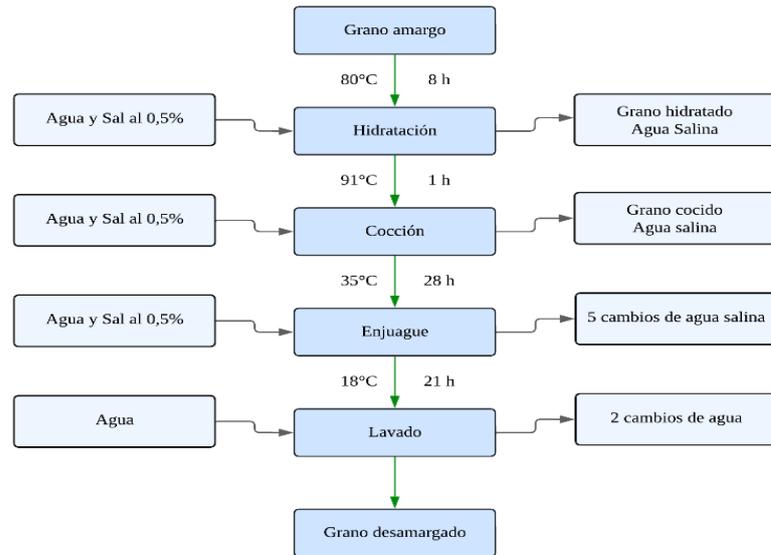


Ilustración 3-3: Diagrama de flujo del desamargado salino de chocho

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Existen varios métodos de desamargado, sin embargo, se ha elegido el proceso salino debido a que presenta una operación más sencilla y no presenta subproductos dañinos para el medio ambiente.

3.7. Descripción del proceso productivo de harina de chocho

Se partió del requerimiento de la empresa que es producir 350 kg de harina mensualmente, sin embargo, es esencial contemplar un margen de variación del 15%, ya sea en aumento o disminución. Por ende, la demanda real a producir sería de 402,5 kg de harina.

Según (Céspedes, 2022, p. 10), se requiere 1 kg de grano de chocho para obtener 0,67 kg de harina. Por lo tanto, para producir 402,5 kg de harina, se necesitan 600,75 kg de grano de chocho. Sin embargo, dado que los productores venden quintales de 50 kg, se ha decidido trabajar con 3 quintales semanalmente.

El proceso tecnológico para la elaboración de harina de chocho consta de dos fases distintas. En la primera fase, se lleva a cabo el desamargado del grano proceso que se lo realiza en húmedo, mientras que la segunda fase implica la producción propiamente dicha de la harina y se lo realiza en seco. Se deben tomar las precauciones adecuadas para evitar cualquier riesgo de contaminación entre ambos procesos.

3.7.1. Recepción y selección de materia prima

El proceso productivo comienza con la recepción de la materia prima. Luego, mediante la verificación por parte de un operario, se asegura que los proveedores entreguen la cantidad de quintales requerida. Posteriormente, la materia prima se organiza en pallets a temperatura ambiente para evitar cualquier contaminación microbiana. Después, cada saco se vacía en una mesa de selección y se realiza la inspección visual de los granos, que consiste en limpiarlos de impurezas como residuos de cosecha, restos de animales, piedrillas, tierra, granos partidos, granos de color secundario, cotiledones verdes y granos dañados por color o hongos.

Esta inspección se lleva a cabo conforme a la NTE INEN 2389, la cual establece los requisitos de calidad que deben cumplir los granos de chocho amargo para su adecuada comercialización.

3.7.2. Pesaje

Según las necesidades de producción, los quintales de chocho se distribuyen en sacos de mallas de con un peso de 2.5 kg, luego se aseguran todos los sacos y se almacenan ordenadamente en pallets hasta el momento de su utilización.

3.7.3. Hidratación

Los sacos de 2.5 kg son colocados en una tina, este proceso se realiza en una relación 1: 3 (peso chocho amargo: peso de agua). Luego, se dispersa 0,5 % (p/v) de sal, se abre la válvula de agua y se deja cubrir todo el grano. Se realiza con agua a temperatura de 80°C durante 8 horas para ablandar las semillas (permeabilizar la cascara porque está bien pegada al cotiledón) con el propósito de facilitar la extracción de alcaloides, finalmente se drena el agua del recipiente.

3.7.4. Cocción

Con el proceso de hidratación, los granos adquieren mayor fragilidad, lo cual reduce el tiempo de cocción y sobre todo facilita la extracción de alcaloides.

En esta fase, se colocan los sacos de chocho en la tina, añadiendo agua hasta cubrir completamente los granos, se incorpora 0.5% (p/v) de sal y se ajusta la temperatura del tanque a 91°C por 1 hora. Una vez transcurrido este tiempo, se procede a drenar el agua utilizada para garantizar la completa eliminación de sustancias amargas. Los sacos de malla se dejan reposar por 15 minutos para poder ser manipulados con facilidad cuando se vayan a colocar a la siguiente fase.

3.7.5. Enjuague

Se colocan los sacos de grano en las tinas de enjuague, cada una están constituidas por un sistema de agitación de 10,6 L/min, una válvula para abastecer de agua y también una válvula para el desagüe del agua utilizada. Se carga de agua hasta cubrir todas las mallas, luego se añade 0,5 % (p/v) de sal y se regula la temperatura a 35⁰C y se deja reposar por 28 horas y durante este tiempo se hacen 5 cambios de agua (3 h, 3 h, 16 h, 3 h y 3 h). El agitador ayuda a que el agua este en constante movimiento y de esa manera sacar mucho más rápido los alcaloides.

3.7.6. Lavado

Después de los procesos anteriores los granos de chocho retienen mucha sal motivo por lo que se someten a un último proceso de lavado estático, donde el agua salina es reemplaza por agua por 21 horas. Durante este período, se realizan dos cambios de agua, uno a las 18 horas y otro a las 3 horas restantes, manteniendo una temperatura constante de 18⁰C y de esta manera lograr eliminar toda la sal retenida en el chocho.

Se toman muestras para evaluar el sabor y olor y así asegurarse que se haya eliminado el amargor de las semillas. Se hace un análisis nutricional al grano para asegurar que los valores cumplan con los estándares establecidos, luego se hace monitoreo de la presencia de microorganismos patógenos y otros contaminantes microbiológicos, y se descartan.

La clasificación se lleva a cabo después del lavado del grano, ya que existen defectos que solo son perceptibles en estado húmedo. Como granos que no logran hidratarse por sus características agronómicas, ya que algunos tienen mayor permeabilidad que otros, presentando una cascara mucha más resistente y dura de mayor compacto hacia el cotiledón. Asimismo, se pueden identificar granos verdes que aún no han alcanzado la madurez fisiológica.

Para determinar que el grano de chocho desamargado cumpla con los requisitos de calidad para consumo humano se hace uso de la NTE INEN 2390 y la ISO 22000:2018.

Para la fase de desamargado se necesita agua potable la cual debe cumplir con los requisitos establecidos por la NTE INEN 1108:2014.

Nota: Analizando la información bibliográfica, es importante saber que se están realizando investigaciones para darle un tratamiento al agua utilizada durante todo este proceso, el cual trata de un fertilizante para control de nemátodos enfermedades que atacan a la papa.

3.7.7. Secado

Los granos llegan con un 60% de contenido de agua retenido debido a ello el secado del grano debe ser inmediato sino puede darse la germinación de estos.

Los granos se deshidratan en un secador horizontal de paletas al vacío con agitador concéntrico a 65⁰C por 7:30 horas, hasta alcanzar una humedad del 10% - 12%, para prevenir la pérdida de sus propiedades. Para medir el porcentaje de humedad se realizan pruebas en el laboratorio, secándose pequeñas cantidades de granos en diferentes tiempos además hay que considerar que depende del tipo de grano.

Nota: La temperatura es un factor muy importante en el proceso de secado, cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el alimento, mayor será la velocidad de transferencia de calor, al aumentar la temperatura de secado se reduce el tiempo de operación, sin embargo, las altas temperaturas de secado pueden causar más daño térmico al grano.

3.7.8. Molienda

Una vez obtenido el grano seco de chocho, se realizó el proceso de molienda. Para ello, se consideró emplear un molino de martillos por el alto contenido de lípidos en los granos, ya que, con la presencia de martillos en el molino, los granos de chocho se van degradando y reduciendo gradualmente hasta obtener la harina de manera más eficiente, evitando que se adhiera la harina al molino y finalmente se determina el rendimiento y humedad de la harina (Céspedes, 2022, pp. 1-16). La determinación del tamaño de partículas de la harina se realiza según la NTE INEN 0517, que proporciona directrices para evaluar el tamaño de las partículas en harinas vegetales.

Se lleva a cabo una inspección final cuyo propósito consiste en hacer pruebas en el laboratorio para verificar que la harina tenga la consistencia óptima y calidad uniforme, en estricto cumplimiento de los requisitos establecidos por la NTE INEN 2390. Este proceso de evaluación se orienta a garantizar la conformidad con los parámetros específicos definidos para el contenido de grasas, fibra cruda, acidez, cenizas, proteína, humedad y otras materias volátiles en las harinas de origen vegetal.

3.7.9. Tamizado

La harina resultante es sometida a un proceso de tamizado en el cual existen pérdidas debido a la retención de harina en los diferentes tamices, para este procedimiento se debe utilizar una serie

sucesiva de tamices de diferentes aberturas de malla ordenadas de forma descendente. Esta operación tiene como finalidad la separación de partículas indeseadas y partículas de gran calibre, de la cantidad de harina finamente molida que se busca obtener. La harina de chocho tiene una cantidad de fibra considerable por lo que es considerada del tipo de harina integral y según la NTE INEN 0616 establece que cuando la harina integral sea sometida a un proceso de tamizado, el 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz N° 70 de 212 μm .

En la tabla 3-1, se presenta la abertura de la serie de tamices en la Norma Española UNE y su equivalencia correspondiente la Norma American Society for Testing and Materials ASTM. Se utiliza una tamizadora trabaja con cuatro series de tamices con mallas de diferentes aberturas ordenadas de forma descendentes.

Tabla 3-1: Tabla comparativa de tamices y mallas utilizados en la harina de chocho

N° de malla en mm UNE	Designación de tamiz ASTM
2	10
1	18
0,5	35
0,212	70

Fuente: Céspedes, 2022, p. 4.

3.7.10. *Empacado y almacenado*

La harina se envasa en condiciones higiénicas en bolsas de polietileno de alta densidad, dependiendo de los requisitos del mercado. Es crucial que el cuarto de almacenamiento mantenga una temperatura de 18°C y una humedad relativa del 73% para evitar la degradación de la harina. Esto garantiza que el producto conserve sus propiedades óptimas durante su almacenamiento. Además, la harina debe cumplir con los estándares establecidos por la Norma ISO 22000:2018 asegurando así la calidad y seguridad alimentaria del producto.

En la tabla 3-2 se detallan las condiciones y parámetros de funcionamiento de cada proceso en la fase de desamargado del chocho y elaboración de la harina de chocho.

Tabla 3-2: Tabla resumen del proceso productivo de la harina de chocho.

N°	Procesos	Temperatura	Tiempo	Relación (grano: agua)	Normas	Inspección
1	Recepción y selección de MP	Temperatura ambiente	25 min	-	INEN 2389	Evaluación visual de semillas
2	Pesaje	Temperatura ambiente	90 min	-	-	-
3	Hidratación	80°C	8 h	1:03	INEN 1108:2014	-
4	Cocción	91°C	1 h	1:03	INEN 1108:2014	-
5	Enjuague	35°C	3 h	1:15	INEN 1108:2014	-
			3 h	1:15		
			16 h	1:05		
			3 h	1:05		
			3 h	1:05		
6	Lavado	18°C	18 h	1:7,5	INEN 1108:2014	Evaluación sensorial
			3 h	1:7,5	INEN 2390 ISO 22000:2018	
7	Secado	65°C	7:30 h	-	-	% de humedad del grano
8	Molienda	Temperatura ambiente	1 h	-	INEN 2390	% de humedad de la harina
9	Tamizado	Temperatura ambiente	1 h	-	INEN 0616 INEN 2390	Granulometría
10	Empacado y almacenado	18 °C	15 min	-	ISO 22000:2018	

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.8. Diagrama de flujo de procesos

En la ilustración 3-4 se detallan cada uno de los procesos que se llevan a cabo para la obtención de la harina de chocho. Estos procedimientos se obtuvieron a partir de la investigación bibliográfica, para la etapa de desamargado se eligió el método salino ya que tiene una duración de 58 h en comparación con otros métodos que requieren de más tiempo para eliminar la cantidad de alcaloides en los granos de chocho. Para elaborar la harina, se establecieron procedimientos para obtener un producto de calidad, sin perder los nutrientes y considerando los factores significativos como humedad o granulometría, de esta forma, se logra un alimento de grandes beneficios para la salud.

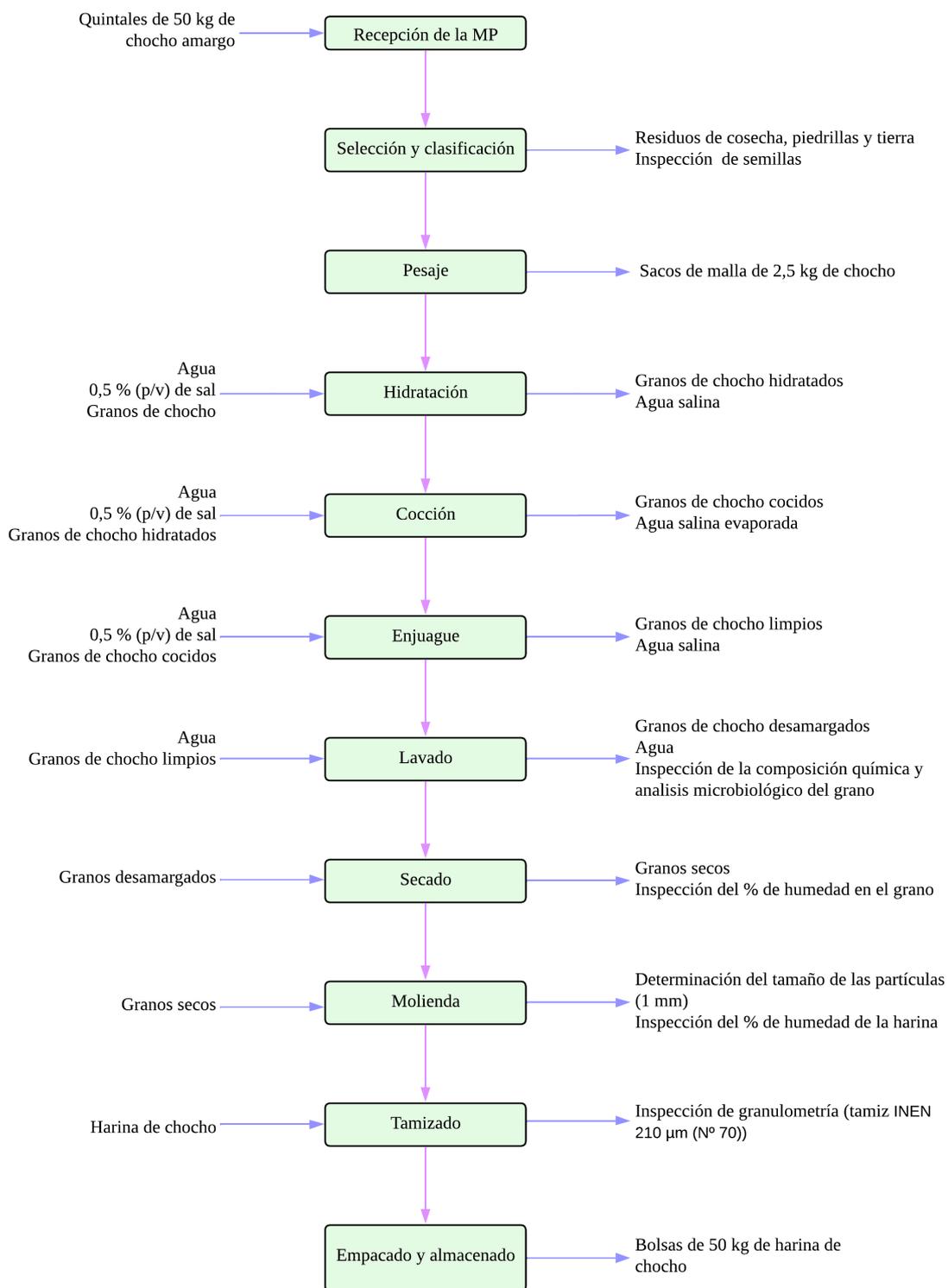


Ilustración 3-4: Diagrama de flujo de la harina de chocho

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.9. Composición química del grano de chocho amargo y desamargado

El chocho tiene características nutricionales

La proteína del chocho tiene cantidades de lisina y cistina, siendo estos aminoácidos esenciales para la vida de los seres humanos. En la tabla 3-3 se detalla la composición química del grano de chocho normal y desamargado.

Tabla 3-3: Análisis bromatológico del chocho

Componente	Chocho amargo (%)	Chocho desamargado (%)
Proteína	47,80	54,05
Grasa	18,90	21,22
Fibra	11,07	10,37
Cenizas	4,52	2,54
Humedad	10,13	77,05
ELN	17,62	11,82
Alcaloides	3,26	0,03
Azúcares totales	1,95	0,73
Azúcares reductores	0,42	0,61
Almidón total	4,34	2,88
K	1,22	0,02
Mg	0,24	0,07
Ca	0,12	0,48
P	0,60	0,43
Fe (ppm)	78,45	74,25
Zn (ppm)	42,84	63,21
Mn (ppm)	36,72	18,47
Cu (ppm)	12,65	7,99

Fuente: (INIAP, 2018)

3.10. Composición química de la harina de chocho

En la tabla 3-4 se detalla el valor nutricional que posee la harina de chocho.

Tabla 3-4: Valor nutricional de la harina de chocho

Componente	Composición (%)	Norma Metodología
Proteína	49,37	NB/ISO 8968-1:08
Grasa	25,74	NB 313019:06
Fibra	9,84	Gravimétrico
Cenizas	1,24	NB 39034:10
Humedad	4	NB 313010:05
Acidez (como ác. Sulfúrico)	0,65	NB 229:98
Hidratos de Carbono	19,65	Cálculo

Fuente: Céspedes, 2022, p. 13.

3.11. Maquinaria, equipos y materiales

Se seleccionó la maquinaria y el equipo necesario en base a las especificaciones y requerimientos técnicos que mejor se ajustó al proceso.

3.11.1. Pallets

En la tabla 3-5 se detallan las características de los pallets de madera, y en la ilustración 3-5 se observa los pallets de madera. Este elemento sirve para ubicar los quintales de chocho en la recepción y selección de materia prima, de esta forma, se identifica de mejor manera la materia prima.

Tabla 3-5: Características de los pallets

Peso de la unidad	5 kg
Material	Madera resistente con tratamiento antihumedad
Dimensiones	1200 mm x 1000 mm x 150 mm
Capacidad de carga	400 kg
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-5: Pallets de madera

Fuente: (ALIBABA, 2024)

3.11.2. Balanza de plataforma

En la tabla 3-6 se detallan las características de la balanza de plataforma, y en la ilustración 3-6 se muestra la balanza, la cual nos ayuda a determinar el peso correcto de los sacos de chocho, para identificar la cantidad de materia prima con la que se debe elaborar la harina de chocho.

Tabla 3-6: Características de la balanza

Sistema de visualización	Digital
Material	Acero inoxidable
Capacidad	500 kg
Longitud del plato	650 mm
Ancho del plato	400 mm
Altura	134 mm
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-6: Balanza con plataforma

Fuente: (METTLER TOLEDO, 2024)

3.11.3. Mallas

En la Tabla 3-7 se detallan las características de los sacos de malla, y en la Ilustración 3-7 se muestra una paca de mallas. En cada malla se coloca una cantidad de 2,5 kg de chocho, luego son colocados en las respectivas tinas de acero inoxidable para llevar a cabo el proceso de desamargado.

Tabla 3-7: Características de los sacos de malla raschel

Material	Polietileno
Capacidad	5 kg
Medidas	370 mm x 500 mm
Adquisición	Mercado nacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-7: Sacos de mallas

Fuente: (LC Packaging, 2024)

3.11.4. Gaveta

En la tabla 3-8 se detallan las características de la gaveta, y en la ilustración 3-8 se tiene un ejemplar de la gaveta de plástico. Las gavetas de plástico sirven para transportar los sacos de malla que se encuentran llenos de chocho.

Tabla 3-8: Características de la gaveta

Marca	PLASTEX
Material	Polietileno de alta densidad con protección UV
Dimensiones	600 mm x 400 mm x 255 mm
Otras características	Cubicaje: 0.061 m ³ /unidad. Capacidad de carga: 35 Kg. Capacidad de apilamiento: 10 cajas (350 Kg.) Temperatura de trabajo: - 40°C a 50°C.
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-8: Gaveta plástica

Fuente: (PLASTEX, 2024)

3.11.5. Carretilla manual

En la tabla 3-9 se detallan las características de la carretilla de plataforma manual, y en la ilustración 3-9 se muestra la máquina de transporte. La carretilla de plataforma manual ayuda a transportar de mejor manera las gavetas que contienen los sacos de malla entre las diferentes áreas que se encargan del tratamiento del chocho.

Tabla 3-9: Características de la carretilla manual

Capacidad	900 kg
Material	Aluminio
Altura	9.3"
Dimensiones	A=24" x L=48" / A=30" x L=48"
Dimensiones de ruedas	6" x 12"
Peso	Liviano
Resistencia	Anticorrosiva
Adquisición	Mercado nacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-9: Carretilla manual

Fuente: (DISNAEMPA, 2023)

3.11.6. Termobalanza

En la tabla 3-10 se detallan las características de la balanza analizadora de humedad, y en la ilustración 3-10 se muestra el equipo analizador de balanza. Mediante la termobalanza, se puede determinar el grado de humedad con el que cuentan los granos de chocho luego del proceso de secado.

Tabla 3-10: Características de la termobalanza

Material	Soporte y manipulador del plato metálico
Puerto	RS232
Capacidad	90 g
Capacidad de lectura	0.001 g y 0.01%
(% requiere muestra >10 g):	
Fuente de Calor	Halógena
Ajustes de Temperatura	50 a 160 °C (incrementos de 5 °C)
Peso de Calibración	50 g
Tamaño de la Bandeja	90 mm de diámetro
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-10: Termobalanza

Fuente: (PROCONSA, 2020)

3.11.7. Medidor de temperatura

En la tabla 3-11 se detallan las características del medidor de temperatura, y en la ilustración 3-11 se muestra un medidor de temperatura. El medidor de temperatura sirve para controlar la temperatura a la cual se está sometiendo el grano.

Tabla 3-11: Características del termómetro digital portátil termistor TFA.

Material	Acero inoxidable
Dimensiones de la sonda	110 mm de longitud
Sistema de visualización	Digital
Rango de medición	-40+200:0,1 °C
Precisión	-25+150°C ± 1°C / Resto del rango ± 1,5°C Función Hold y máxima y mínima.

Dimensiones	66 mm x 109 mm x 20 mm
Peso	93 g
Protección	IP65
Alimentación	2 baterías 1,5V AAA
Otras características	Cable de 0,6 metro. Cumple con la norma HACCP
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-11: Medidor de temperatura

Fuente: (TERMOMED, 2024)

3.11.8. Mesa de trabajo

En la tabla 3-12 se detallan las características de la mesa de trabajo, y en la ilustración 3-12 se tiene un ejemplar de la mesa de trabajo. Con esta mesa de trabajo se realiza la selección de los granos de chocho en el área de recepción y selección de materia prima.

Tabla 3-12: Características de la mesa de trabajo

Marca	Cardín
Material	Acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio
Otras características	Acabados sanitarios Con Borde de 5cm de alto, lamina Calibre 18, con desnivel en V con orificio de 1 " y niple 1" de 100 mm largo. Patas en tubo redondo de 2" calibre 18, refuerzo en H en las patas para de 1" en el mismo tubo.
Dimensiones	1 400 mm x 600 mm x 850 mm
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-12: Mesa de trabajo

Fuente: (INDUSTRIAS CARDÍN, 2019)

3.11.9. Tina de acero inoxidable

En la tabla 3-13 se detallan las características de las tinas de hidratación, lavado y enjuague, y en la ilustración 3-13 se muestra una tina de acero inoxidable.

Tabla 3-13: Características de la tina de acero inoxidable

Marca	AYNI GREEN	
Material	Acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio acabado sanitario.	
Otras características	Desagüe con rosca de 1 ½" para facilitar el drenaje. Tina cuadrada con bordes redondeados para una fácil limpieza y seguridad. Soldaduras TIG debidamente decapadas y pasivadas.	
Adquisición	Mercado nacional e internacional	
Dimensiones (LxAxH)	Tina de hidratación de 600 L	800 mm x 700 m x 1 100 m
	Tina de hidratación de 3 300 L	2 000 m x 1 500 m x 1 100 m
	Tina de hidratación de 3 150 L con agitador	2 100 m x 1 500 m x 1 000 m

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-13: Tina de acero inoxidable

Fuente: (INMEDINOX, 2024)

3.11.10. Tina de cocción

En la tabla 3-14 se detallan las características de la tina de cocción, y en la ilustración 3-14 se muestra una tina de cocción.

Tabla 3-14: Características de la tina de cocción

Capacidad	1 600 L
Dimensiones exteriores	Diámetro 1 300 mm x 1 000 mm
Dimensiones de la cuba	Diámetro 1 060 mm x 600 mm
Dimensiones Internas	1 600 mm x 1 000 mm x 1 000 mm
Material	Acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio
Otras características	Con acabado sanitario rectangular, en lamina calibre 12, 14, 18 con recamara. Pulimiento al grano 120. Con acople para válvula de salida de 1 1/2". Sistema de calentamiento a gas propano o gas natural por medio de flautas Base de soporte en tubo de acero de 1 1/2" Manómetro y válvula de alivio para el vapor
Adquisición	Mercado nacional e internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-14: Tina de cocción

Fuente: (INOXIMEXICO, 2018)

3.11.11. Secadora de granos

En la tabla 3-15 se detallan las características de la secadora horizontal de granos, y en la ilustración 3-15 se tiene una secadora de granos.

Tabla 3-15: Características de la secadora de granos

Modelo	SGV 300
Capacidad	400 kg/batch
Material	Acero inoxidable y acero al carbono en estructura de soporte.
Dimensiones exteriores	8 000 mm x 2 000 mm x 900 mm
Cámara	Diámetro 2000 mm Criba como base por donde circula aire caliente, el sistema de agitación con paletas remueve el producto para un secado uniforme.
Peso aproximado	550 kg
Motor trifásico agitación	3,0 CV - 1800 RPM 2,25 kW Voltaje: 220-380- 16,88 kWh
Motor trifásico ventilador	7,0 CV - 3600 RPM 5,25 kW Hertz: 50-60Hz 39,38 kWh
Unidad de mando	Control automático de Marcha – Parada.
Combustión	Quemadores a gas
Ventilador	Con rotor y ducto de tránsito de calor.
Adquisición	Mercado internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J. 2024.



Ilustración 3-15: Secadora de aire con agitador

Fuente: (VULCANOTECH, 2023)

3.11.12. Molino de martillos

En la tabla 3-16 se detallan las características del molino de martillos dual, y en la ilustración 3-16 se observa el molino de martillos dual.

Tabla 3-16: Características del molino de martillos

Capacidad	100 kg/h
Otras características	Contiene discos, montados sobre un eje horizontal, que lleva en su periferia pequeños martillos, que tienen libertad para oscilar en torno a un eje. La parte superior de la caja tiene una tolva de alimentación y la placa de ruptura. El material que se quiere procesar se desliza lentamente sobre dicha placa, donde es golpeada por los martillos en rápido movimiento giratorio, y queda finamente fragmentada. Pulverizar granos secos.
Motor	2,24 kW - 220v marca Siemens
Martillos	24 martillos de 1" x 3/16 en acero
Material	Acero inoxidable
Dimensiones	1 200 mm x 1 000 mm x 1 400 mm
Consumo	2,24 kWh
Adquisición	Mercado internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-16: Molino de martillos

Fuente: (INDUSTRIAS CARDÍN, 2019)

3.11.13. Tamizador

En la tabla 3-17 se detallan las características de la tamizadora, y en la ilustración 3-17 se observa la máquina tamizadora.

Tabla 3-17: Características de la tamizadora

Marca	DY
Material	Acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio
Capacidad	100 kg/h
Dimensiones	500 mm x 500 mm x 660 mm
Voltaje	7,5 kW - 380 v / según su requerimiento

Otras características	Consta de cuerpo de máquina, motor vibratorio, otra tolva, dispositivo de control de plancha de tamiz. El tamaño mínimo del material a procesar puede ser de 5 micras. Y el número máximo de la malla puede ser de 500 mallas.
Consumo	7,5 kWh
Adquisición	Mercado internacional

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.



Ilustración 3-17: Tamiz rotativo vibratorio industrial

Fuente: (MADE IN CHINA, 2023)

3.12. Systematic Layout Planning

Para la realización de este trabajo se utilizó la metodología SLP que hace referencia a la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta, esta herramienta es muy útil debido a que incluye de forma eficiente, factores que influyen de manera significativa en la planta como: áreas de trabajo, maquinaria, procesos optimizados, un alto nivel de competitividad considerando siempre que se pueda aplicar la mejora continua, también analiza y evalúa las relaciones que existen entre las áreas de trabajo, el flujo que tendrá los materiales, trabajadores, los respectivos procesos, el almacenamiento de materia prima y producto terminado (Torres Soto, 2020, pp. 103-116). En la ilustración 3-18 se puede observar un ejemplo de la estructura que se debe seguir para desarrollar la metodología SLP

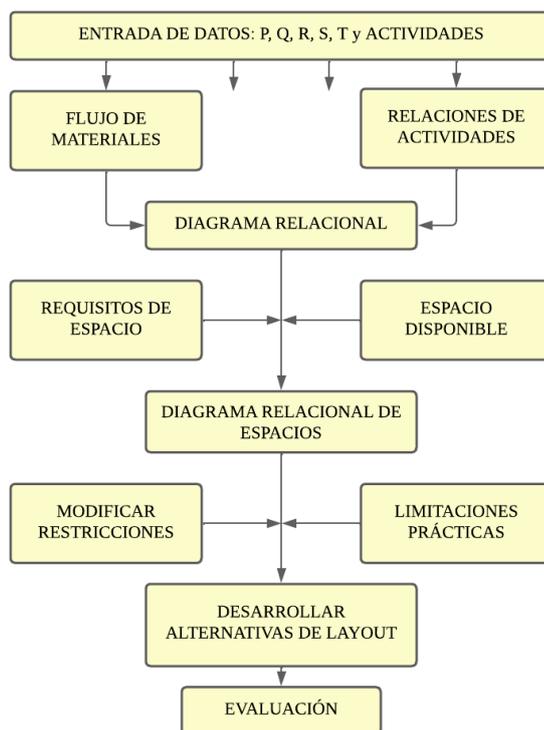


Ilustración 3-18: Esquema de Metodología SLP

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Para empezar con la aplicación de la metodología, se debe detallar los datos de entrada para el método que son los siguientes:

Producto (P): para la elaboración de la harina de chocho, se contó con el chocho como materia prima y una gran cantidad de agua que tiene una relación de volumen en función a la proporción del grano que se utilizó. Otro elemento importante en la elaboración del producto fue la sal, al utilizar un método de desamargado de chocho con sal, se requirió de este ingrediente para reducir el amargor en el lupino y como consecuencia de la utilización de estos componentes, se obtuvo la harina de chocho como producto final con sus respectivas características químicas y nutrientes.

Cantidad (Q): se planteó empezar a trabajar con una demanda real mensual de 402,5 kg de harina de chocho por requerimientos de la empresa, para ello, se necesitó alrededor de 600 kg de chocho para obtener esa cantidad de harina. Para el proceso de desamargado, al ser una relación chocho-agua de 1:3 para hidratación con 0,75 kg de sal y cocción con 2,15 kg de sal; 1:15 y 1:5 para el proceso de enjuague con 10 kg de sal y 1:7,5 para el lavado final. Se utilizó la cantidad de 444,15 litros de agua para 148,05 kg de granos de chocho en la etapa de hidratación; se requirió de 1 288,08 litros de agua para una cantidad de 429,36 kg de chocho en el proceso de cocción; 17 966,70 litros de agua para 399,26 kg de chocho incluido todo el proceso de enjuague con los

cambios de agua y 1 137,90 litros de agua para el lavado de 399,26 kg de chocho a la semana respectivamente. En la tabla 3-18 se detallan las cantidades semanales y mensuales de agua, grano de chocho y sal que se necesitan en toda la etapa del desamargado.

Tabla 3-18: Cantidad de producto semanal y mensual

		Agua (litros)	Chocho (kg)	Sal (kg)
Procesos	Hidratación	444.15	148.05	0.74
	Cocción	1288.08	429.36	2.15
	Enjuague	17966.7	399.26	10
	Lavado	1137.9	399.26	-
Tiempo	Semanal	20836.83	1375.93	12.9
	Mensual	83347.32	5503.72	51.6

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Recorrido (R): el recorrido de los productos consistió en la llegada y recepción de la materia prima para que de esta manera se procediera al desamargado de chocho con sus respectivas etapas, luego se clasificaron los granos con el objetivo de eliminar los chochos que no contaban con buenas características físicas, se los colocaron en sacos de malla (2,5 kg/saco) para luego ser trasladados a la tina de hidratación, posteriormente a la olla de cocción, después a las tinas de enjuague para finalmente ser llevados a la tina de lavado.

Para la elaboración de la harina, los sacos de malla pasaron por la secadora de aire horizontal para eliminar la cantidad de agua y humedad. El siguiente paso fue llevar esa cantidad de chocho hacia el molino de martillos para obtener la harina y finalmente, la harina se la llevó a la máquina tamizadora. La harina fue llevada al área de empacada para finalmente ser entregada en presentaciones de 1 q (quintal).

Servicios (S): en el apartado de servicios, la planta ya contaba con instalaciones de agua fría para para el proceso de desamargado y conexiones eléctricas de 110 v y 220 v para la alimentación de las máquinas que se encargaron de realizar cada proceso.

Tiempo (T): el factor que se consideró más importante en la obtención de la harina de chocho fue el proceso de desamargado, esta etapa se demoraba 58 h para desamargar 148,05 kg de chocho como valor inicial. Se estimó que el tiempo total para elaborar la harina de chocho es de 96,7 horas.

3.12.1. Análisis P-Q

Para el análisis P-Q en el cual interviene el producto y la cantidad, se consideraron los productos que se adquieren por proveedores y las demandas correspondientes, cabe destacar que se estableció el pronóstico de la demanda en función a los requerimientos de la empresa, los productos con sus respectivas cantidades se detallan a continuación:

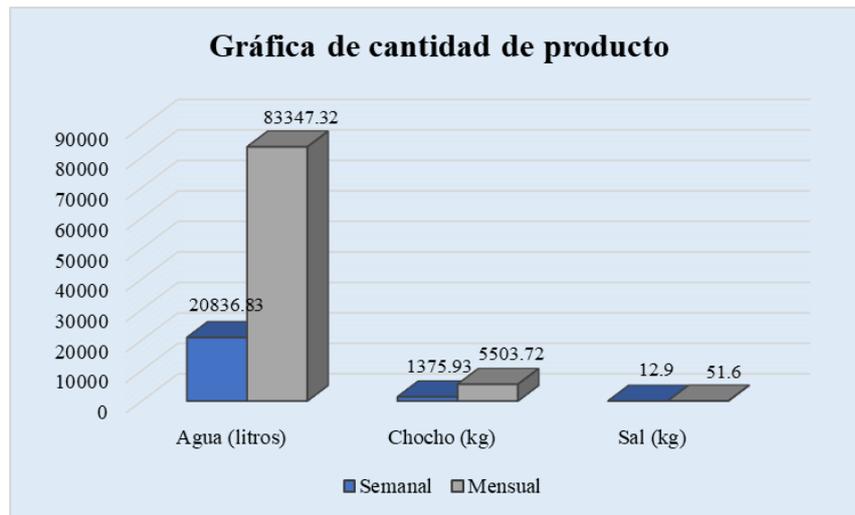


Ilustración 3-19: Cantidad de cada recurso

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-19 se puede comparar la cantidad de recursos que se requieren tanto para elaborar harina semanalmente como mensualmente, debido a que en el proceso de desamargado se tienen relaciones de chocho-agua, es notable las grandes cantidades de agua que se requiere para esta etapa en todo el proceso para obtener harina de chocho, por el contrario, en el caso de la sal, se tienen cantidades sumamente pequeñas en función al agua y al grano.

3.12.2. Análisis del recorrido del producto

3.12.2.1. Diagrama de flujo

En este apartado se detallaron los procesos correspondientes para la elaboración de la harina de chocho de forma general con sus respectivos parámetros y mediante un diagrama de flujo se puede observar las fases por las cuales va la materia prima.

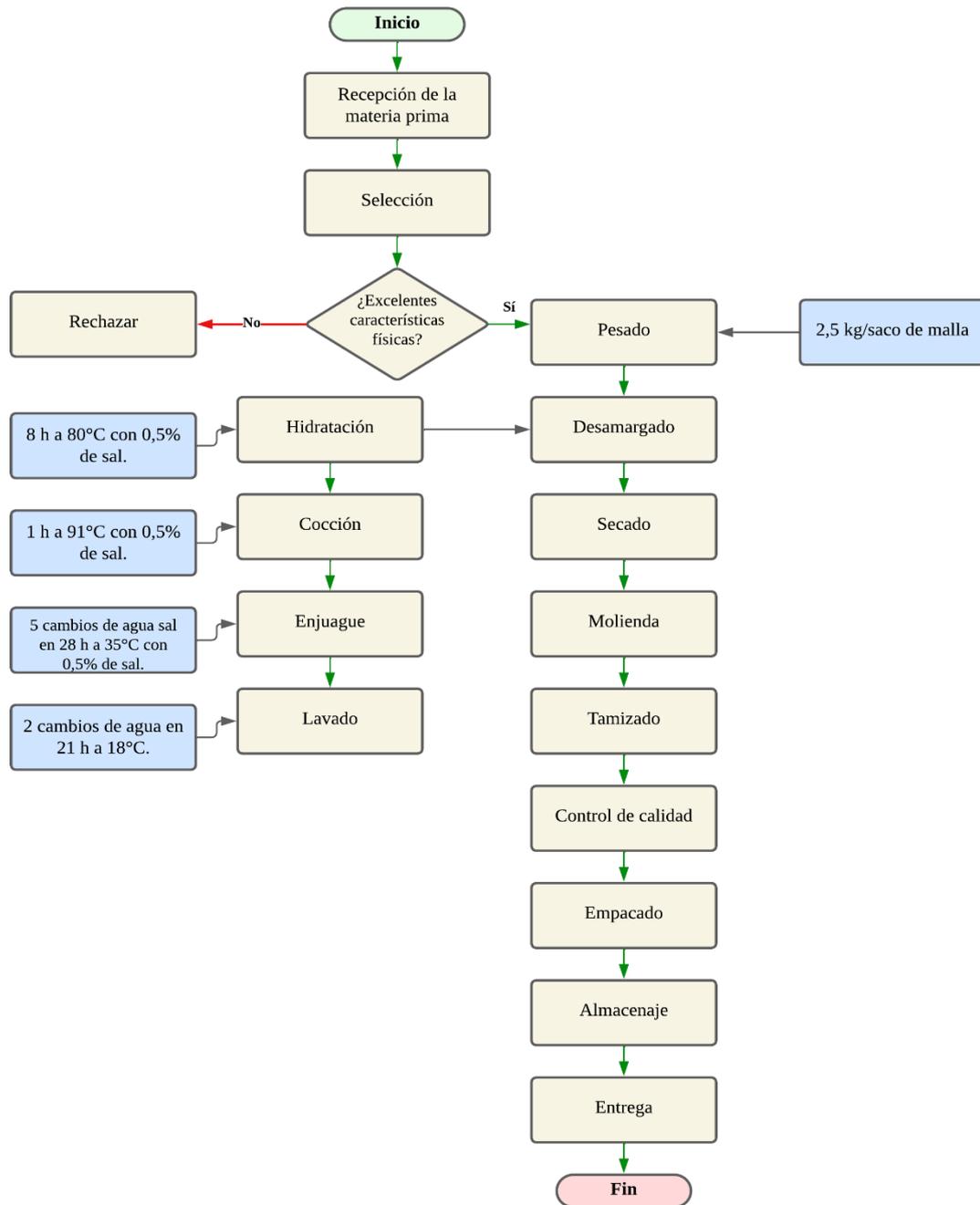


Ilustración 3-20: Diagrama de Flujo con especificaciones en elaboración

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-20 se tiene el diagrama de flujo, con esta herramienta se pudo observar los procesos por los cuales debe pasar la materia prima para obtener el producto final, de igual manera, se detallaron los parámetros los cuales se deben considerar para el proceso de desamargado, ya que, de esta forma, se obtiene un grano que se lo puede considerar en excelentes condiciones para elaborar la harina.

3.12.2.2. Diagrama de recorrido

En el diagrama se puede observar las conexiones entre los diferentes procesos y el flujo que sigue la materia prima. En función a la cantidad de simbología, se encontró que existieron 2 almacenados, 12 operaciones para realizar harina de chocho, 14 actividades de transporte, 6 demoras en el proceso de desamargado y 5 inspecciones, este número de actividades se debe a que se tiene una distribución por proceso, ya que no se puede completar una etapa sin antes haber finalizado otra. En esta distribución, se trata de aprovechar de mejor manera los espacios considerando el mínimo recorrido, tanto de los materiales como de los operarios encargados de movilizar estos elementos.

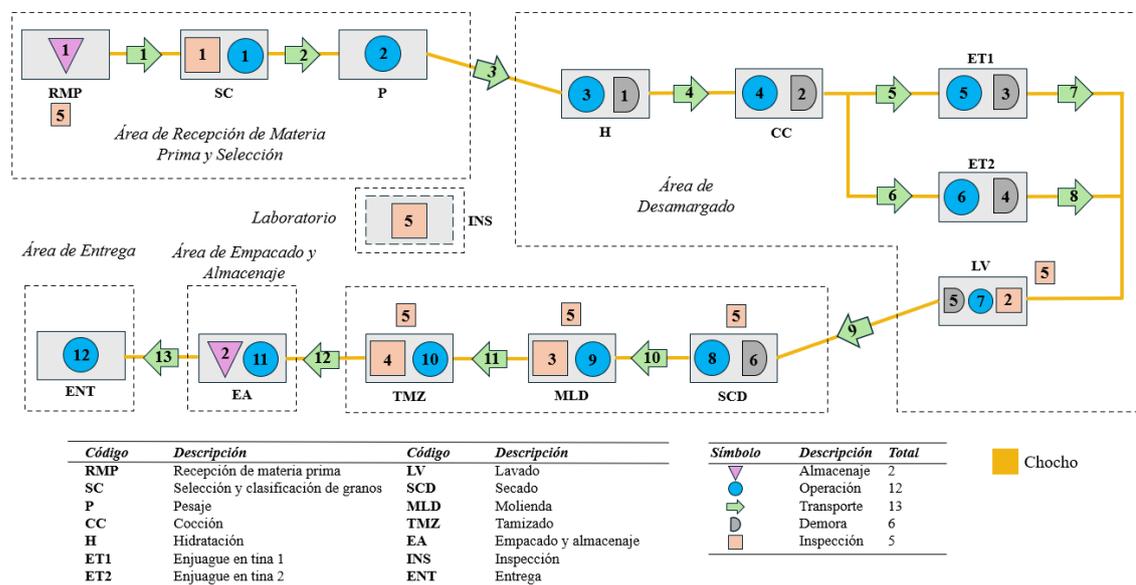


Ilustración 3-21: Diagrama de Recorrido de materiales

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-21, se puede observar que se tuvo destinada una línea de color amarillo para diferenciar el flujo que tendrá el grano de chocho a lo largo de la planta pasando por cada etapa o proceso productivo, es el elemento que más influye en la elaboración de harina de chocho desde la recepción del grano por parte de los proveedores hasta la entrega del producto final.

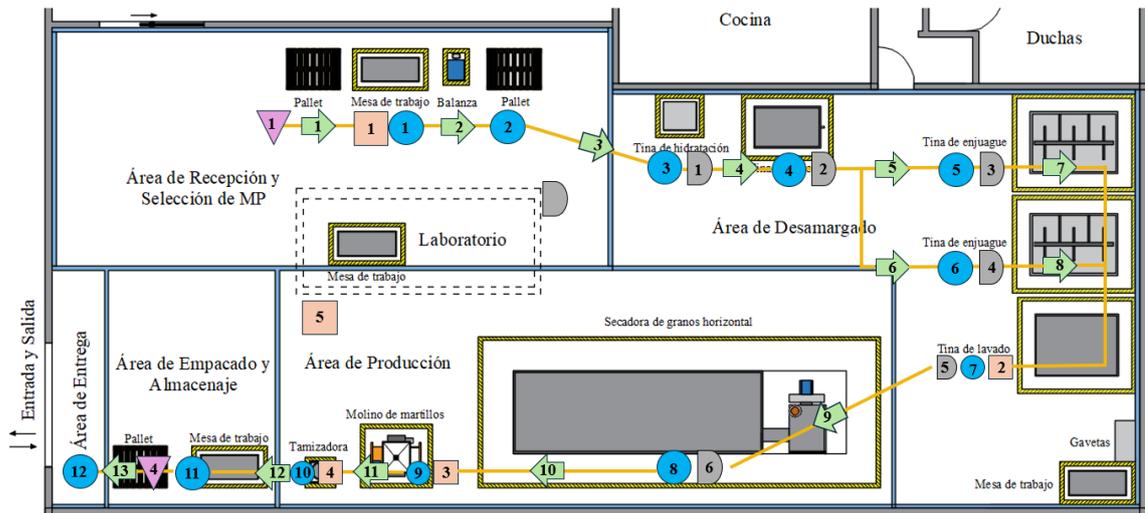


Ilustración 3-22: Diagrama de Recorrido de MP

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En esta ilustración 3-22, se puede observar el flujo de la materia prima vista desde los planos de la planta en donde se puede evidenciar que la línea de producción para elaborar harina de chocho ocupa un mediano porcentaje de todas las instalaciones con las que cuenta la planta para elaborar diferentes productos nutritivos. De esta forma, se trata de que la materia prima no recorra muchos espacios o fluya por diferentes áreas que lograrían un mayor recorrido de los materiales y de los operarios, con esta distribución, se logra obtener el producto final con un menor recorrido en planta y tiempo.

3.12.2.3. Diagrama de procesos

En la tabla 3-19, se puede observar a detalle la descripción de los procesos para la elaboración de la harina, existe una cantidad similar de operaciones, transporte y demoras debido a que se debe llevar la materia prima de una estación a otra después de haber culminado cada etapa y en el proceso de desamalgado, existen muchas demoras debido a que el chocho debe permanecer en cada etapa durante algunas horas. Los tres elementos mencionados son los que más se repiten a lo largo de la elaboración de harina de chocho.

Tabla 3-19: Diagrama de Procesos para elaborar harina de chocho

DIAGRAMA DE PROCESOS					
Nombre: Autores			Fecha:		
Método Actual <input type="checkbox"/>			Diagrama N° 1		
Método Propuesto <input checked="" type="checkbox"/>			Hoja N° 1 de 1		
Sujeto del Diagrama: Chocho					
N°	N° Op.	Símbolo	Tiempo (min)	Distancia (m)	Descripción del Proceso
1	1	●	10		Recepción de la materia prima.
2	1	▼	1		Almacenaje de la materia prima..
3	1	■	25		Visualización de las impurezas y separación de los granos.
4	2	●	90		Pesado y colocación de granos de chocho en sacos de malla (2,5 kg/saco de malla)
5	1	➡	1	1.5	Transportar los sacos de malla hasta la tina de hidratación.
6	3	●	3		Colocar los sacos de malla en la tina de hidratación a 80°C con 0,5% de sal (p/v).
7	1	⊖	480		Esperar que se realice el proceso de hidratación por 8 horas.
8	2	⊖	15		Esperar a que se enfrien los granos.
9	2	➡	1	1.5	Transportar los sacos de malla hasta la olla industrial.
10	4	●	3		Colocar los sacos de malla en la olla industrial a 91°C con 0,5% de sal (p/v).
11	3	⊖	60		Esperar que se cocine el grano durante 1 hora.
12	4	⊖	15		Esperar a que se enfrien los granos.
13	3	➡	2	12	Transportar los sacos de malla hacia las tinas de enjuague 1 y 2.
14	5	●	3		Colocar los sacos de malla en la tina de enjuague (a 35°C con 0,5% de sal (p/v)).
15	5	⊖	180		Esperar a que se realice el proceso de enjuague por 3 horas.
16	6	●	60		Cambiar el agua del enjuague 1.
17	6	⊖	180		Esperar a que se realice el proceso de enjuague por 3 horas.
18	7	●	60		Cambiar el agua del enjuague 2.
19	7	⊖	960		Esperar a que se realice el proceso de enjuague por 16 horas.
20	8	●	60		Cambiar el agua del enjuague 3.
21	8	⊖	180		Esperar a que se realice el proceso de enjuague por 3 horas.
22	9	●	60		Cambiar el agua del enjuague 4.
23	9	⊖	180		Esperar a que se realice el proceso de enjuague por 3 horas.
24	4	➡	1	5	Transportar los sacos de malla hacia la tina de lavado.
25	10	●	1260		Colocar los sacos de malla en la tina de lavado (a 18°C durante 21 horas).
26	10	⊖	1080		Esperar a que se realice el proceso de lavado por 18 horas.
27	11	●	60		Cambiar el agua del lavado 1.
28	11	⊖	180		Esperar a que se realice el proceso de lavado por 3 horas.
29	2	■	10		Control de calidad del grano.
30	5	➡	1	4	Transportar los sacos de malla hacia la secadora de aire.
31	12	●	3		Colocar la materia prima en la máquina secadora.
32	12	⊖	420		Esperar a que se elimine en su totalidad la cantidad de agua.
33	3	■	3		Inspección de humedad en el grano.
34	6	➡	1	1	Transportar la materia prima hacia el molino de martillo.
35	13	●	3		Colocar los granos de chocho en el molino de martillo.
36	13	⊖	60		Esperar a que se realice el proceso de molienda.
37	4	■	8		Inspección de la granulometría y humedad en la harina.
38	7	➡	1	4	Transportar la materia prima hacia la máquina tamizadora.
39	14	●	3		Colocar la materia prima en la máquina tamizadora.
40	14	⊖	60		Esperar hasta que se obtenga una harina con excelentes características visuales.
41	5	■	2		Control de calidad de la harina.
42	8	➡	1	8	Transportar la harina hasta el área de empacado.
43	15	●	5		Empacar en presentaciones de 1 quintal.
44	9	➡	1	4	Transportar hasta el área de almacenamiento.
45	2	▼	10		Almacenaje de harina de chocho.
46	10	➡	1	8	Transportar hasta el área de entrega.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En función a las distancias, la materia prima tuvo un recorrido de 49 m en total por toda la planta, desde su recepción hasta la entrega del producto final. Se puede observar que existe un tiempo de 5 804 min en las operaciones, esto se debe específicamente al método utilizado para desamargar

el chocho con agua y sal, deben estar en diferentes procesos por un tiempo de 2 días y 4 horas para eliminar en gran porcentaje el amargor y los alcaloides que contienen el grano. De igual manera, la espera que se da se debe al trabajo de las máquinas que se encargan en eliminar la cantidad de agua que tienen los granos y reducir su humedad para que salga una harina con buenas características.

Tabla 3-20: Tabla resumen diagrama de procesos

Resumen				
	Símbolo	N° Total	Distancia Total (m)	Tiempo Total (min)
Operación		15		1683
Transporte		10	49	12
Almacenamiento		2		11
Demora		14		4050
Inspección		5		48
				5804

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-20 se detalla el resumen de las actividades que influyen en la elaboración de harina de chocho.

3.12.3. Análisis de relaciones entre actividades

Luego de la realización del diagrama de recorrido de la materia prima, se elaboró el diagrama de relaciones entre actividades en el cual se enlistaron todas las áreas con las que cuenta la planta, es necesario aclarar que aún la planta cuenta con espacios que no son destinados para algún objetivo, sin embargo, el resto de las áreas influyen de alguna manera para la elaboración de la harina de chocho. Se tienen 9 áreas las cuales se han organizado de tal forma en la fluye la materia prima. Para esta matriz, se han considerado 6 códigos para asignar la importancia que tiene cada área con el respectivo porcentaje y la cantidad para cada código se expresa mediante la siguiente ecuación:

Tabla 3-21: Código con su definición para identificar la intersección

<i>Código</i>	<i>Definición</i>
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin importancia
X	No deseable

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-21 está especificado el código con su respectiva definición para identificar la interacción o relación que tienen tanto las áreas como los procesos para elaborar la harina de chocho.

Tabla 3-22: Número y razón para determinar las relaciones que existen en las áreas de trabajo y procesos

<i>Número</i>	<i>Razón</i>
1	Flujo de materiales
2	Flujo del personal
3	Fácil acceso
4	Fácil supervisión y control
5	Ruidos, peligros, vibraciones, contaminaciones

Realizado por: Gavidía, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-22 se especifica el número y la razón correspondiente para determinar las interacciones o relaciones que existen en las áreas de trabajo y en los procesos correspondientes para elaborar la harina de chocho. Mediante la ecuación 1 se puede determinar la cantidad de relaciones que se tienen entre las diferentes áreas o procesos para elaborar la harina.

$$N = \frac{[n(n - 1)]}{2} \quad (1)$$

Donde:

N = Cantidad de relaciones.

n = Número de áreas en planta.

La cantidad que se le asigna a cada código se debe al porcentaje de cada definición o significado de código en función a la cantidad total de relaciones que existen entre las áreas.

3.12.3.1. Áreas

$$n = 9 \text{ (áreas)}$$

$$N = \frac{[9(9 - 1)]}{2}$$

$$N = 36$$

Nº	Áreas																			
1	Recepción y Selección MP	A																		
2	Desamargado	1	O																	
3	Producción	A	2	X																
4	Empacado y Almacenaje	1	5	4	I															
5	Laboratorio	A	1	4	O	X														
6	Entrega	1	4	1	1	3	O	X												
7	Oficina	A	3	2	2	2	5	2	O											
8	Vestidores	1	2	2	2	2	5	2	X											
9	Sala de reuniones	O	2	2	2	2	2	2	5	X										
		2	X	2	2	2	2	2	2	2	X									
		O	2	2	2	2	2	2	2	2	2	X								
		3	U	2	2	2	2	2	2	2	2	2	X							
		I	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	X						
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	X					

Ilustración 3-23: Matriz de relaciones de actividades

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Mediante la ecuación 1, se obtuvo una cantidad de 36 relaciones en las que cada una existe un código y una razón, las razones se deben al significado que tienen las interacciones entre las áreas en donde se destaca el flujo de materiales debido a que la producción se centra en los cambios que va teniendo la materia prima desde su recepción hasta la entrega del producto final. En la ilustración 3-23 también se puede observar que existe una gran cantidad de relaciones en las cuales no se encuentra una gran importancia.

3.12.3.2. Procesos

Para el cálculo de las relaciones que existe entre procesos se utiliza la ecuación 1

$$n = 13 \text{ (procesos)}$$

$$N = \frac{[13(13 - 1)]}{2}$$

$$N = 78$$

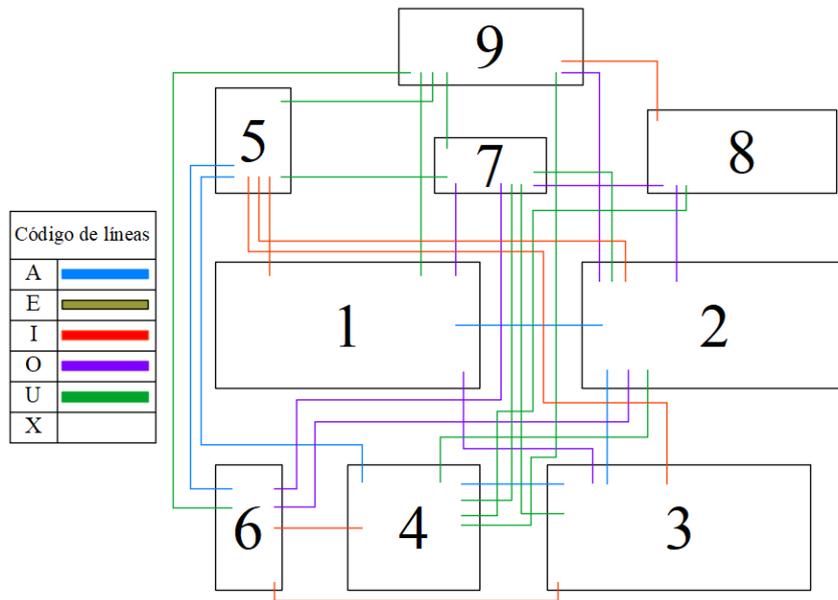


Ilustración 3-25: Diagrama de relaciones de áreas de trabajo

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-25 se puede observar las conexiones que se tienen entre las áreas de trabajo, se cuenta con un total de 9 áreas de trabajo por las cuales, los materiales realizan su recorrido a través de la planta.

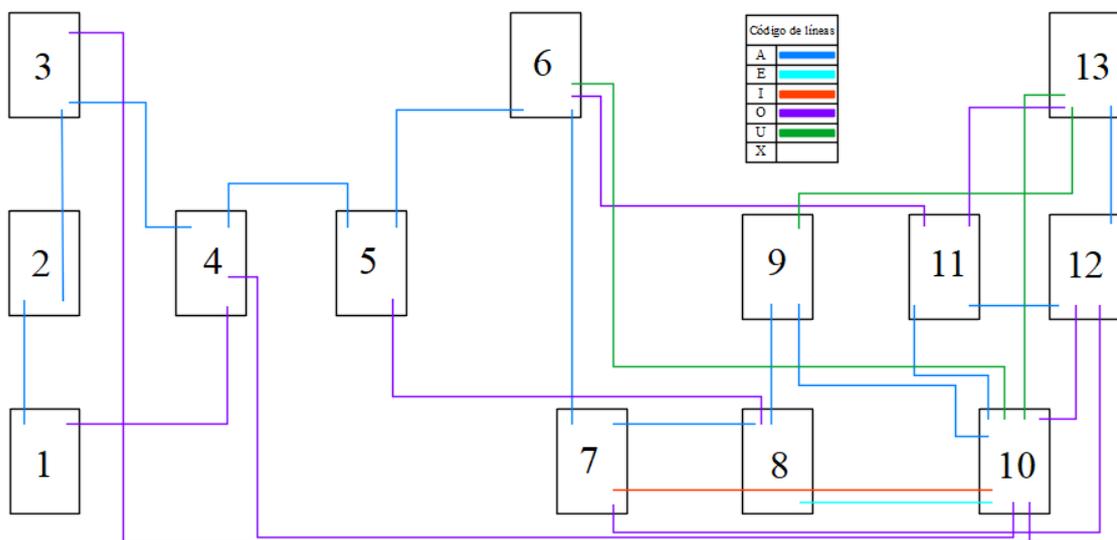


Ilustración 3-26: Diagrama de relaciones de procesos

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-26 se observa las conexiones que se tienen entre los procesos para elaborar la harina de chocho desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto terminada identificado con colores según su código azul, magenta, rojo, morado y verde respectivamente.

Al tener un exceso de interacciones con código X (No deseable), se descarta la utilización de un color para este código debido a que existen muchas relaciones de este tipo entre los procesos.

3.12.4. Diagrama relacional de espacios

Para el análisis de los espacios en los que se desarrolla la línea de producción para elaborar harina de chocho, se tiene que la planta cuenta con alrededor de 1 040 m² para realizar sus actividades productivas, para este trabajo en particular, se ha considerado trabajar con menos del 50% del total de sus instalaciones.

En la elaboración del Capítulo IV se realizan los cálculos correspondientes para comprender los resultados de los cálculos para el área de máquinas y área de trabajo para las máquinas, de esta manera, se puede determinar el espacio que se puede ocupar para cada área que interviene en la línea de producción.

3.12.4.1. Área de recepción y selección de materia prima

Tabla 3-1: Área de trabajo para maquinaria en la recepción y selección de materia prima

Maquinaria y/o equipos	Área de trabajo (m ²)
Pallets	1,30(x2)
Mesa de selección	1,85
Balanza	0,57
Total	5,02
Espacio disponible	78,68

Las máquinas y/o equipos ocupan el 6,38% del espacio disponible para el área que se tiene en la recepción y selección de materia prima.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-23 se puede observar los elementos que han sido destinados para el área de recepción y selección de materia prima con sus respectivas áreas de trabajo.

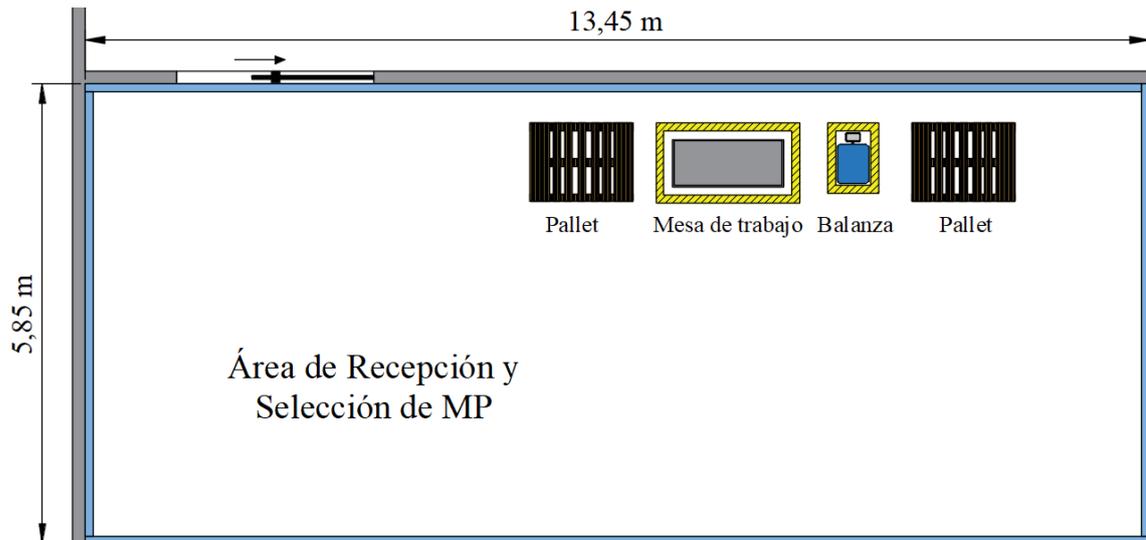


Ilustración 3-27: Ubicación de la maquinaria en el área de recepción y selección de materia prima

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-27 se muestra el área de trabajo de cada una de las máquinas y/o equipos con los que cuenta el área de recepción y selección de materia prima para las primeras etapas de desamargado de chocho.

3.12.4.2. Área de desamargado

Tabla 3-23: Área de trabajo para maquinaria en desamargado

Maquinaria	Área de trabajo (m ²)
Tina de hidratación	1,23
Tina de cocción	3,52
Tinas de enjuague	6,93(x2)
Tina de lavado	6,6
Mesa de trabajo	1,85
Total	27,06
Espacio disponible	88,71

Las tinas de hidratación ocupan el 30,50% del espacio disponible para el área que se tiene desamargado.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-23 se puede observar los elementos que han sido destinados para el área de desamargado con sus respectivas áreas de trabajo.

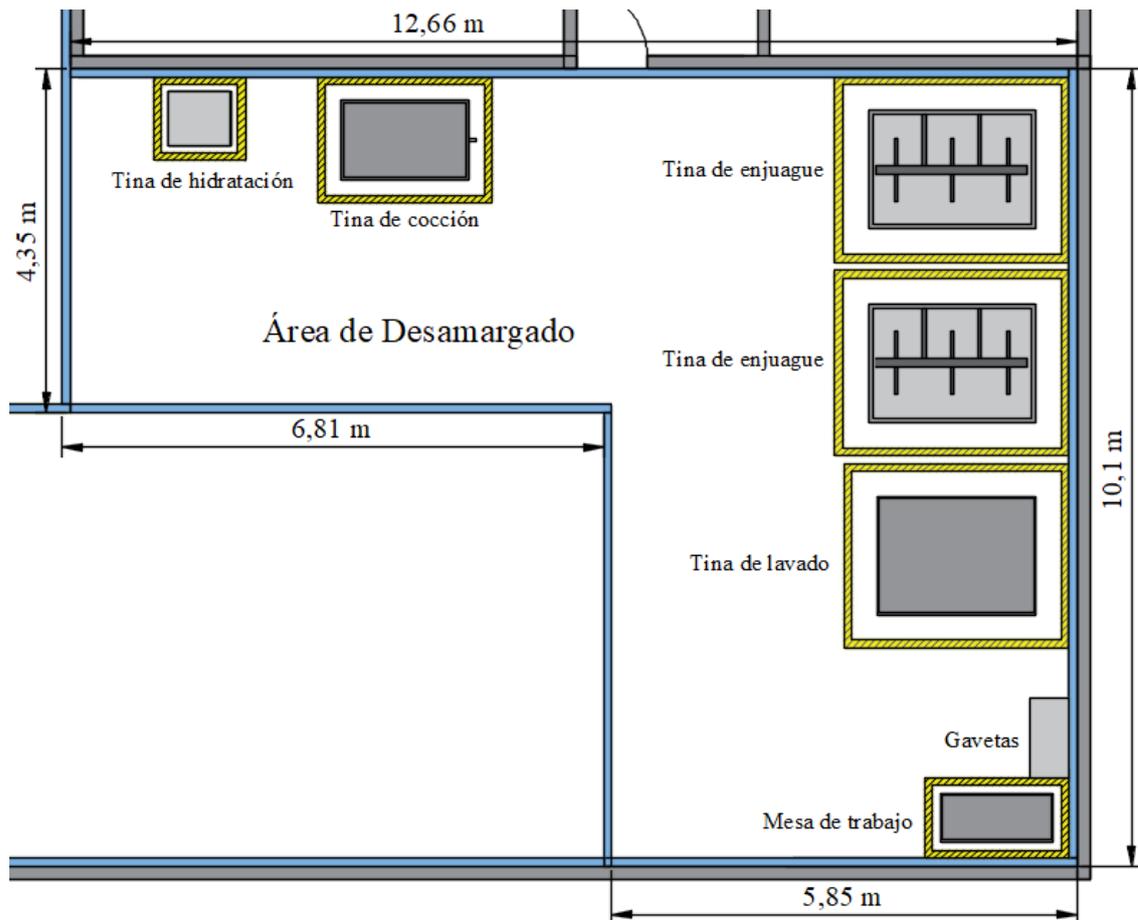


Ilustración 3-28: Ubicación de la maquinaria en el área de desamargado

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-28 se muestra el área de trabajo de cada una de las tinas de hidratación con las que cuenta el área de desamargado para continuar con el proceso de desamargado de chocho.

3.12.4.3. Área de producción

Tabla 3-24: Área de trabajo para maquinaria en producción

Maquinaria	Área de trabajo (m ²)
Secadora de granos	35,20
Molino	2,64
Tamizadora	0,55
Total	38,39
Espacio disponible	87,17

Las máquinas ocupan el 44,04% del espacio disponible para el área que se tiene en producción.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-24 se puede observar las máquinas que han sido destinados para el área de producción con sus respectivas áreas de trabajo.

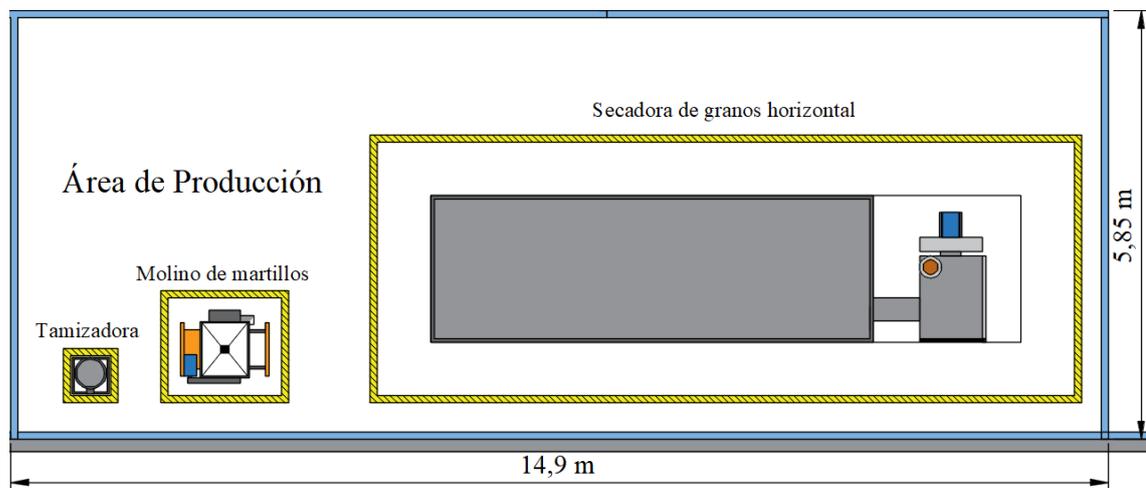


Ilustración 3-29: Ubicación de la maquinaria en el área de producción.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-29 se muestra el área de trabajo de cada una de las máquinas para terminar el proceso de desamargado y continuar con la elaboración de la harina de chocho con las que cuenta el área de producción.

3.12.4.4. Laboratorio

Tabla 3-25: Área de trabajo para maquinaria en el laboratorio

Elemento	Área de trabajo (m ²)
Mesa de inspección	1,85
Espacio disponible	12,24

La mesa de empacado ocupa el 15,11% del espacio disponible para el laboratorio.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-25 se puede observar el área que ocupa la mesa de inspección en el laboratorio de la planta destinado para la elaboración de harina de chocho en la cual se evalúa la calidad con la que sale la harina de chocho al finalizar la línea de producción.

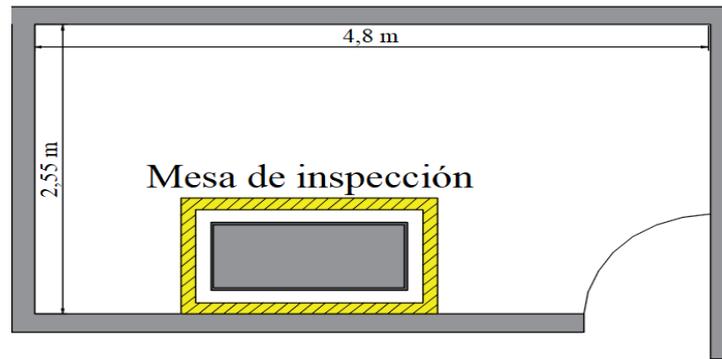


Ilustración 3-30: Ubicación de la maquinaria en el laboratorio

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-30 se muestra el área de trabajo de cada una de las máquinas para terminar el proceso de desamargado y continuar con la elaboración de la harina de chocho con las que cuenta el área de producción.

3.12.4.5. Área de empaçado y almacenado

Tabla 3-26: Área de trabajo para maquinaria en empaçado y almacenado.

Elemento	Área de trabajo (m ²)
Mesa de empaçado	1,85
Pallet	1,30
Total	3,15
Espacio disponible	24,57

La mesa de empaçado ocupa el 12,82% del espacio disponible para el área que se tiene en empaçado y almacenado.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-26 se puede observar el área que ocupa la mesa de empaçado en el área de empaçado y almacenado en la cual se puede observar que es bajo el porcentaje de utilización para esta área de trabajo.

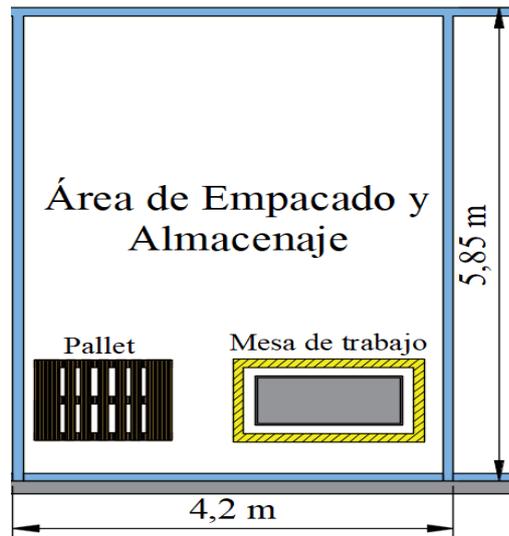


Ilustración 3-31: Ubicación de la maquinaria en el área de empaçado y almacenado.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-31 se muestra el área de trabajo de cada una de las máquinas para terminar el proceso de desamargado y continuar con la elaboración de la harina de chocho con las que cuenta el área de producción. Para el área de entrega no existe ninguna máquina que intervenga en el proceso para elaborar harina, por lo cual existe una disponibilidad total de su área.

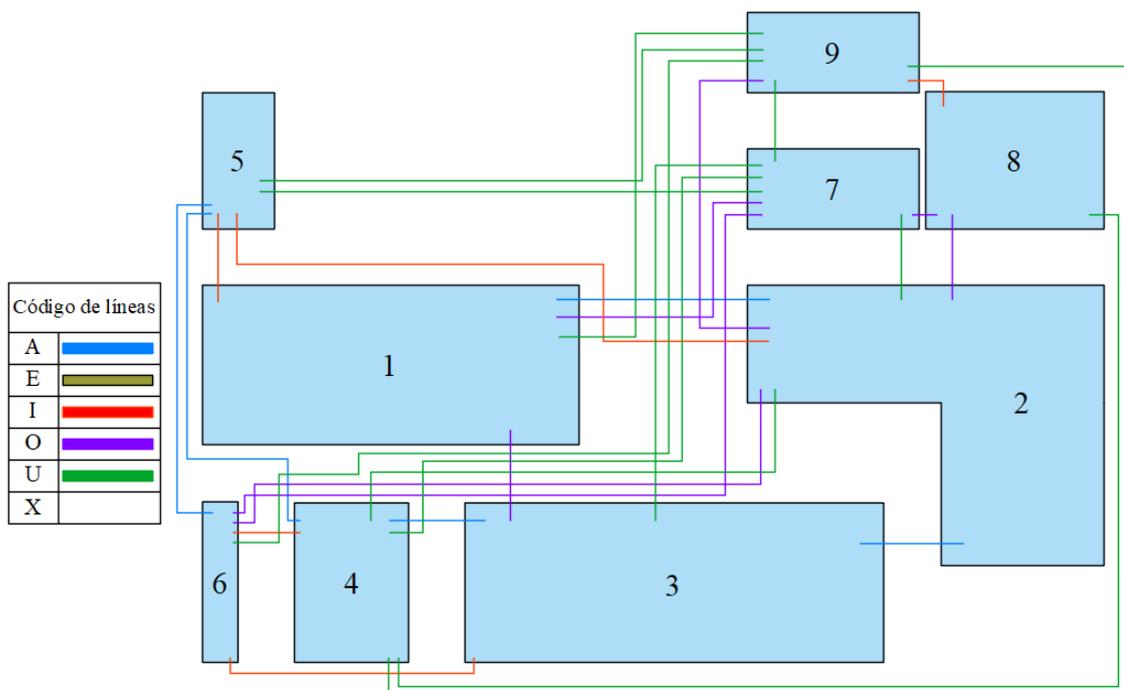


Ilustración 3-32: Diagrama relacional de espacios

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Como resultado, en la ilustración 3-32 se puede observar la relación que tienen los espacios que conforman las áreas que se están utilizando en la planta para implementar la línea de producción que se encarga en elaborar la harina de chocho, es importante mencionar que no se distingue una línea para el código X debido a que existe un número elevado de relaciones entre las áreas lo cual implicaría una menor comprensión de la ilustración.

3.12.5. Evaluación

Para lograr el objetivo de diseñar la línea de producción, se consideró una sola alternativa de diseño, la planta ya contaba con las instalaciones, sin embargo, se aplicó la metodología para establecer la ubicación de las máquinas y la designación de cada área con el método salino para desamargar chocho y elaborar la harina. Como resultado, se tiene que la línea de producción para elaborar harina de chocho va de forma de “U” en función a sus áreas y procesos, empieza por el área de recepción de materia prima y termina el recorrido en el área de entrega.

Se tomó en consideración el 30% de la estructura de la planta para realizar el diseño de la línea en esas áreas por motivo de que se está trabajando con alimentos y el resto de las áreas estaban ocupadas para realizar otros tipos de productos y actividades.

En la ilustración 3-33 se puede observar la distribución de la planta en la cual se distinguen las áreas y la maquinaria para elaborar la harina de chocho. El laboratorio se encuentra en líneas entrecortadas debido a que en la planta se encuentra muy alejado del área para elaborar la harina de chocho y era necesario ubicarlo en los planos de la distribución de áreas para identificar que es necesario contar con un laboratorio.

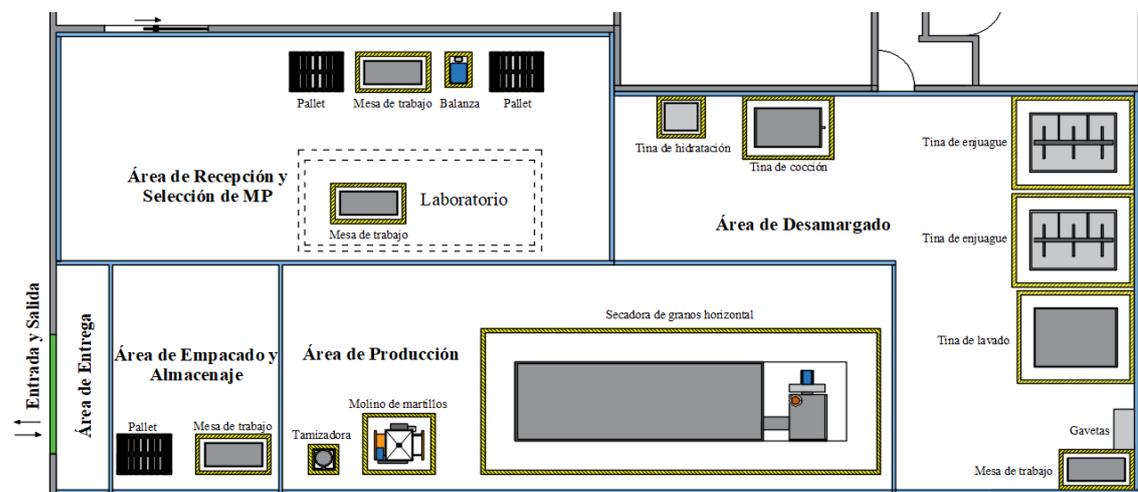


Ilustración 3-33: Distribución de la planta para elaborar harina de chocho.

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J. 2024.

3.13. Simulación de la línea de producción

Para la simulación de la línea de producción de harina de chocho, se debe seguir una estructura en la cual se conceptualiza todos los factores y parámetros a considerar en la línea para validar el procedimiento que se observa en el simulador sobre la línea de producción.

3.13.1. Definición del problema

3.13.1.1. Descripción del proceso a modelar y objetivo

Se requiere modelar la línea de producción para elaborar harina de chocho, esta consta de tres materiales principales los cuales son: sal, agua y chocho como materia prima principal. Se receipta la materia prima en su respectiva área (3 quintales/semana), luego se procede a seleccionar los granos de las impurezas para pesarlos y ubicarlos en mallas de 2,5 kg/saco, transportar los sacos hasta el área de desamargado en el cual, en el proceso de hidratación, se le agrega litros de agua y 0,5% (p/v) de sal para que la máquina hidratadora realice el proceso durante 8 h, luego se transportan los sacos de chocho hacia la cocina la cual se requiere litros de agua limpia y 0,5% (p/v) de sal para que se cocine durante 1 h, nuevamente se retiran los sacos de chocho y se los lleva a la tina de enjuague con litros de agua para enjuagarlos con agua y sal al 0,5% (p/v) lavarlos durante 28 h para finalmente lavarlos solo con agua durante 21 h.

Al tener el chocho ya desamargado, se transporta los sacos de chocho hacia el área de producción en la cual se encuentra una máquina secadora la cual elimina la cantidad de agua que obtuvo en el proceso de lavado perdiendo el 72% , se transporta nuevamente a un molino de martillos para triturar los granos y convertirlos en harina perdiendo el 3% y finalmente, los granos de chocho deben pasar por la máquina tamizadora la cual se encargará de mejorar la consistencia de la harina perdiendo el 4% de la cantidad que entra.

La harina se la traslada hacia el área de empacado en el cual se la empaca en presentaciones de 1 quintal, las unidades pasan al área de almacenamiento de producto final para así poder ser entregado. El objetivo principal es obtener una simulación la cual nos arroje los mismos resultados que se obtienen de forma analítica y que se pueda tener una visión acerca de la maquinaria, operarios, espacios de trabajo, áreas de la planta, todo trabajando en conjunto.

3.13.1.2. Entradas y salidas

Para el modelo de simulación, es importante considerar las entradas y salidas, debemos comprender con qué variables de entrada contamos, ya que es la información sobre la que no tenemos control, los parámetros de diseño los cuales sí podemos modificar y los valores de las variables de salida que esperamos obtener del modelo. En la tabla 3-27 se detallan las variables de entrada y salida que tiene la simulación.

Tabla 3-27: Variables de entrada y salida

Caso	Parámetros	Variables de Entrada	Variables de Salida
Diseño de una línea de producción para elaborar harina de chocho	• Distribución de áreas.	Demanda de materia prima: se conoce las unidades que se requieren	• Ocupación de recursos.
	• Superficie de trabajo.	de obtener de quintales de harina, pero no la demanda de chocho.	• Tiempos de espera: algunos procesos requieren de tiempos de espera.
	• Áreas de maquinaria.	Llegada de materia prima: al ser una simulación con fluidos no se tiene un orden específico de llegada.	• Tiempos en los procesos.
	• Ubicación de máquinas.	Disponibilidad de operarios: no se puede optimizar la cantidad de operarios si la línea no empieza a operar.	• Tamaño de colas.
	• N° de máquinas.		• Productividad en general: más enfocado en la maquinaria.
	• Cantidades.		• Producto final: cuántas unidades saldrán al terminar la jornada.
	• Estantería.		
	• Operarios.		

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.13.1.3. Grado de exactitud requerido y ámbito de aplicación.

Se requiere modelar de tal manera que se tengan el mismo número de maquinaria, procesos, operarios, entre otros parámetros considerados en el diseño de la línea de producción, para obtener con precisión las cantidades requeridas de harina al mes, de esta forma, se obtendría un modelo que explicaría todo el sistema que conforma la elaboración de harina de chocho que, al contar con alimentos, entra en el campo de la ingeniería industrial e ingeniería de alimentos.

3.13.1.4. Características temporales

Tiempo discreto: la simulación se basa en la obtención de unidades de harina en presentación de quintales que se obtienen al final de una semana o al final del mes, estas actividades se realizan en función al tiempo de la simulación.

Velocidad de la simulación: la simulación debe ser más rápida para observar las unidades que se obtienen al final de una semana o al final del mes, dependiendo la configuración de la simulación, por otra parte, puede ser lenta para ver el flujo de los materiales y movimiento de los operarios.

Programación de eventos y actividades: se configura el momento en el cual se inicia la simulación en la cual se modelan los eventos y las actividades que ocurrirán en un lapso de tiempo al igual que las planificaciones y ejecución de otras actividades en los momentos que se consideren.

Duración del evento: al simular una línea de producción en la cual se visualiza el producto final, se debe configurar una duración que sea corta para obtener datos de forma rápida y así poder concluir con el análisis.

Retardos: es necesario modelar retardos debido a que algunas actividades requieren de un tiempo extenso en el cual la materia prima cambia de características para así poder continuar con los demás procesos que conforman la elaboración de harina de chocho.

3.13.1.5. *Distribución espacial*

El software FlexSim cuenta con una interfaz la cual se puede configurar y modelar los espacios de trabajo sin ningún problema, cabe aclarar que al utilizar más elementos que se encuentran en el programa, aumenta el uso de recursos por parte del ordenador para cumplir con los requerimientos de la simulación. Para esta aplicación, se ha modelado con precisión los espacios de trabajos con los que cuenta la planta para simular la línea de producción.

3.13.2. *Factores y mecanismos controlantes*

En este apartado se analiza factores que influyen en el sistema, al ser diferentes procesos a los cuales se enfrenta la materia prima y los materiales que se agregan, se obtienen diferentes mecanismos controlantes:

- Flujo de material: agua y chocho.
- Flujo de cloruro de sodio en diferentes procesos.
- Ejecución de la máquina de hidratación (mezcla).
- Ejecución de la máquina de cocción (mezcla).
- Ejecución de la máquina de enjuague (mezcla).
- Ejecución de la máquina de lavado (mezcla).

- Reducciones de material en la secadora (pérdidas de material).
- Reducciones de material en el molino (pérdidas de material).
- Reducciones de material en la tamizadora (pérdidas de material).
- Cambios en las unidades del material de forma general.

3.13.3. Descripción de los procesos

Para empezar con la realización de la simulación, se deben considerar algunos elementos del software que nos servirán para simular los eventos y entornos de trabajo al cual se rige la línea de producción, a continuación, en la tabla 3-28 se muestran la descripción de los procesos que influyen en la línea de producción para elaborar harina de chocho con sus respectivos parámetros y elementos a ocupar por parte del programa de forma general.

Tabla 3-28: Descripción de los procesos con sus parámetros y elementos de FlexSim

Proceso	Descripción	Parámetros	Objetos 3D	Clasificación
Llegada			Source	
Recepción de MP	Recepción de quintales de chocho y fundas de sal.	1 almacenamiento para 3 quintales de chocho que llegan cada semana.	<i>Queue</i>	Recursos fijos
Selección y colocación de mallas	Un operario debe seleccionar los granos de chocho que se encuentran en óptimas condiciones y desechar lo malos.	1 máquina procesadora. 1 operario. Tiempo del proceso (selección): 25 minutos para 3 quintales. Tiempo del proceso (colocación de mallas): 90 min para 3 quintales.	<i>Processor</i> y <i>Operator</i>	Recursos fijos y Ejecutores de tareas
Hidratación	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la tina hidratadora.	1 máquina mezcladora. 1 generador o salida de fluido (agua). 1 funda de sal. 1 convertidor de fluidos. Cantidad de agua: 444,15 kg. Cantidad de chocho: 148,05 kg. Cantidad de sal: 0,74 kg. Tiempo de mezclado: 480 min.	<i>FluidMixer</i> , <i>FluidGenerator</i> e <i>ItemToFluid</i>	Fluidos
Cocción	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la olla de cocción.	1 máquina mezcladora. 1 generador o salida de fluido (agua). 1 funda de sal.	<i>FluidMixer</i> y <i>FluidGenerator</i>	Fluidos

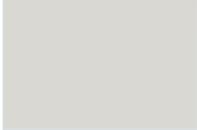
		Cantidad de agua: 1288,08 kg. Cantidad de chocho: 426,96 kg. Cantidad de sal: 2,15 kg. Tiempo de mezclado: 3 600 min.		
Enjuague	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la tina de enjuague.	1 máquina mezcladora. 1 generador o salida de fluido (agua). 1 funda de sal. Cantidad de agua: 1 5970,40 kg. Cantidad de chocho: 394,91 kg. Cantidad de sal: 2 kg. Tiempo de mezclado: 100 800 min.	<i>FluidMixer y FluidGenerator</i>	Fluidos
Lavado	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la tina de lavado.	1 máquina mezcladora. 1 generador o salida de fluido (agua). Cantidad de agua: 2 275,80 kg. Cantidad de chocho: 491,28 kg. Tiempo de mezclado: 75 600 min.	<i>FluidMixer y FluidGenerator</i>	Fluidos
Secado	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la máquina secadora de granos.	1 máquina procesadora de fluidos. Cantidad para secar: 387,46 kg Valor de pérdida: 72%.	<i>FluidProcessor</i>	Fluidos
Molienda	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la máquina de molienda de granos.	1 máquina procesadora de fluidos. Cantidad para secar: 387,46 kg Valor de pérdida: 3%.	<i>FluidProcessor</i>	Fluidos
Tamizado	El operario coloca los sacos de malla de 2,5 kg en la máquina de tamizado de granos.	1 máquina procesadora de fluidos. Cantidad para secar: 105,22 kg Valor de pérdida: 4%.	<i>FluidProcessor</i>	Fluidos
Empacado	El operario se encarga de colocar 50 kg de harina de	1 máquina procesadora. 1 convertidor de elementos.	<i>Processor y FluidToItem</i>	Recursos Fijos y Fluidos

	chocho en sacos con presentación de 1 q (quintal).			
Almacenamiento y entrega	El operario entrega los quintales de harina de chocho.	1 pallet. 1 almacenamiento. Cantidad de producto terminado: 2 q (quintal).	<i>Queue</i>	Recursos fijos

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Para detallar aún más la simulación que representa la elaboración de harina de chocho, se consideraron algunos elementos adicionales que complementan el entorno de visualización como que incluye el área de trabajo de las máquinas y el movimiento que realiza el operario dentro de la planta que se detallan en la tabla 3-29.

Tabla 3-29: Descripción de los elementos a utilizarse en el modelo

Elemento	Descripción	Gráfico
Operario	Solo se requiere de 1 operario para realizar toda la simulación ya que son procesos que, a pesar de que requieren de mucho tiempo, no se necesita más de un operario para realizar todas las actividades.	
Pared	Se usan paredes y columnas para delimitar las áreas de trabajo en la planta.	
Plano	Se consideran los planos para delimitar las áreas de trabajo en las cuales se hace la simulación.	

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.13.4. Generación del modelo

Una vez determinados los procesos con sus respectivos elementos a utilizar en el software FlexSim, se deben configurar los parámetros requeridos para la simulación como unidades físicas, de igual manera, se debe considerar que la simulación se la realizará con una duración de 1 mes. Para una correcta simulación, se deben trabajar como una simulación de eventos discretos y continuos ya que el flujo de la materia prima se la trabaja como continuo, pero para las presentaciones de materia prima y producto terminado, se las debe trabajar como eventos discretos para mejorar la presentación del producto.

3.13.4.1. Configuración de unidades

Al empezar a realizar la simulación, se debe configurar las unidades de tiempo longitud, fluidos e inicio de la simulación. Para el tiempo, se optó por los minutos ya que no existe inconveniente a visualizar los movimientos del operario al realizar las operaciones y de igual manera, se aprecia el flujo de los materiales con los que se están trabajando. En función a la longitud, se considera trabajar en metros debido a que, en la interfaz o entorno de trabajo del software, se puede apreciar que cada cuadro que se observa tiene una longitud de 1 m lo cual permite trabajar con distancias más precisas. Las unidades de fluido fueron los kilogramos, esto se configura de tal manera en que se pueda trabajar con los 3 materiales (agua, grano y sal) con la misma unidad, cabe aclarar que se tomó la conversión que indica, 1 litro de agua es igual a 1 kg de agua en condiciones normales. Por último, la simulación empieza a las 08:00:00 am, en la ilustración 3-34 se detallan las unidades con las que se trabajan en FlexSim.



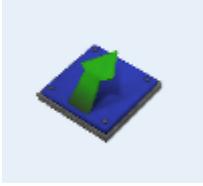
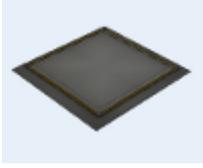
Ilustración 3-34: Configuración de las unidades del modelo

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.13.4.2. Elección de objetos 3D

Después de configurar las unidades con la que trabajará el modelo, se deben insertar los elementos con los que contará la línea de producción para elaborar harina de chocho en la interfaz de trabajo del software. En la tabla 3-30 se encuentra la descripción de los objetos que se utilizan en la simulación con las cantidades.

Tabla 3-30: Descripción de los objetos 3D de FlexSim

Cantidad	Objeto 3D	Descripción	Gráfico
4	<i>Source</i>	El <i>source</i> o fuente, se lo utiliza para crear o generar elementos que tienen un flujo y recorren a través del modelo.	
15	<i>Queue</i>	El elemento Queue o cola, es utilizada para almacenar elementos.	
1	<i>Processor</i>	Para simular que un elemento se está procesando, se utiliza un Processor (procesador).	
13	<i>ItemToFluid</i>	El ItemToFluid se encarga de convertir elementos fluidos a material fluido.	
9	<i>FluidToItem</i>	Por otra parte, si se requiere convertir material fluido a elementos fluidos, se utiliza un FluidToItem.	
5	<i>FluidGenerator</i>	Este elemento es encargado de suministrar un material de forma infinita hacia el modelo.	
5	<i>FluidMixer</i>	Se lo utiliza para mezclar productos o materiales y obtener un nuevo producto.	
3	<i>FluidProcessor</i>	Es utilizado para procesar material fluido como si fuese una cocina.	
6	<i>FluidTerminator</i>	Una vez ya terminado el modelo, este objeto destruye el material fluido.	

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-35 se puede observar a los elementos que conforman la línea de producción para elaborar harina de chocho en la interfaz de trabajo del software considerando dimensiones, espacios de trabajo, número de elementos, recorrido del operario y flujo de material de forma general.

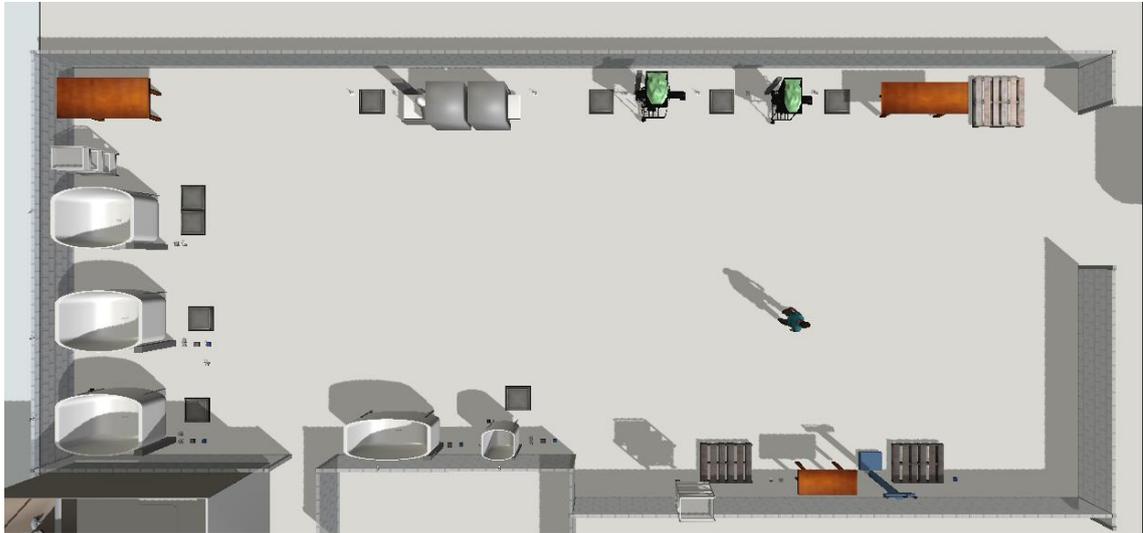


Ilustración 3-35: Simulación de la línea en FlexSim

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.13.4.3. *Conexión de puertos (entradas y salidas)*

Se debe realizar una correcta conexión de los puertos de entrada y salida para cada elemento que conforma la simulación, de este modo, se asegura el correcto flujo de los materiales y que el software no arroje ningún error al momento de simular y obtener las unidades finales. En la ilustración 3-36 se observa el modelo terminado.

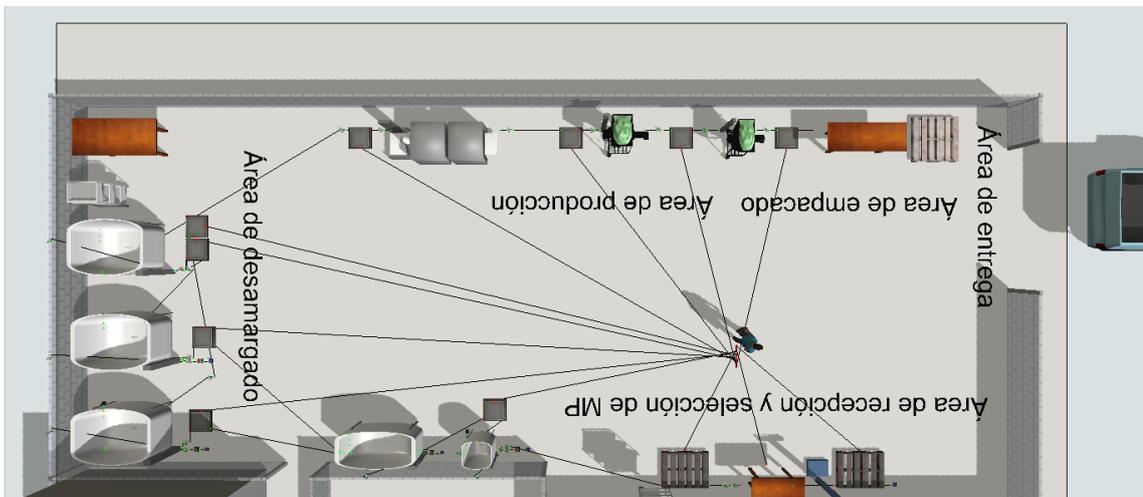


Ilustración 3-36: Simulación de la línea en FlexSim con conexiones

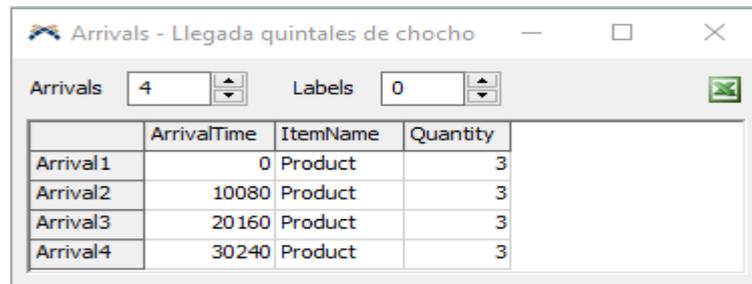
Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

3.13.4.4. Propiedades de los elementos y desarrollo

Luego de conectar de forma correcta los puertos de salida hacia los puertos de entrada para cada objeto 3D, se procede a definir las propiedades de cada uno de ellos.

Llegadas de Materia Prima – Source

Para las cantidades de Chocho, se requiere trabajar con un total de 12 q de chocho para un mes, en este elemento, se lo configura con el tiempo que se aprecia en la ilustración 3-38, esto nos indica que nos llegarán 3 quintales por semana, considerando que al inicio de la simulación ya tendremos el material para empezar a trabajar. En la ilustración 3-37 se observa los tiempos de llegada y las cantidades de quintales de chocho.

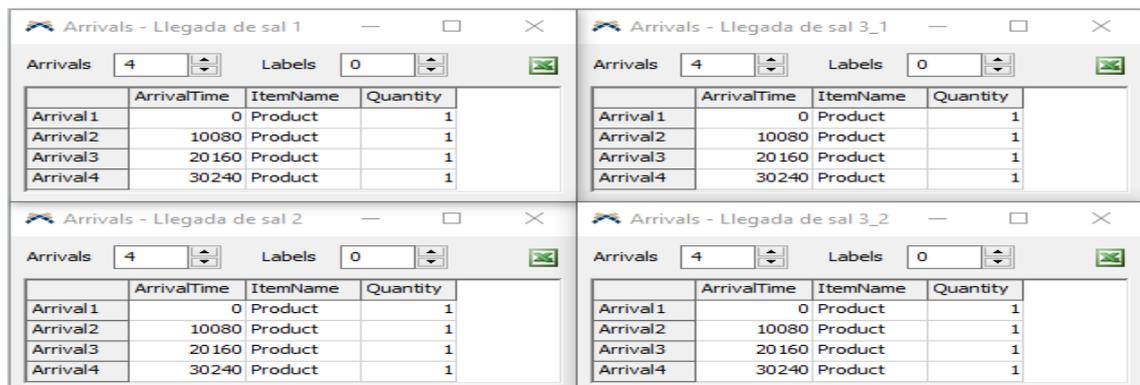


	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Product	3
Arrival2	10080	Product	3
Arrival3	20160	Product	3
Arrival4	30240	Product	3

Ilustración 3-37: Tiempos de llegada de los quintales de la MP

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Al igual que la llegada de los quintales de chocho, se configura este elemento de tal manera que las llegadas sean una por semana. En este caso, se ubica un tiempo diferente a cero en la primera llegada debido a que para agregar la sal se debe esperar a que se realicen procesos anteriores como la selección y colocación de mallas. En la ilustración 3-38 se puede apreciar las llegadas de sal para el proceso de hidratación, cocción y enjuague.



	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Product	1
Arrival2	10080	Product	1
Arrival3	20160	Product	1
Arrival4	30240	Product	1

Ilustración 3-38: Tiempos de llegada de la sal para cada proceso

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Almacenamiento de materiales – *Queue*

Se requiere de un almacenamiento para los quintales de chocho a la semana, un almacenamiento para las mallas y para las distintas cantidades de sal, también se utilizan almacenamientos que simulan la ubicación de las mallas después de finalizar un proceso y finalmente un almacenamiento para el producto final. Todos los almacenamientos cuentan con una salida en el puerto central para que el operario realice las actividades de transporte de material. En la ilustración 3-39 se puede evidenciar todos los almacenamientos que se necesitan.



Ilustración 3-39: Almacenamientos de los materiales

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Selección y colocación de mallas - *Processor*

Para el proceso de selección de granos, se configura un *Processor* con una duración de 115 minutos (*process time*) que es lo que se estimó que se tardaría un operario en seleccionar los granos y colocarlos en los sacos de mallas con 2,5 kg/malla, para este proceso y el mismo operario para que realice estas dos actividades conectado al puerto central de la máquina procesadora. En la ilustración 3-40 se encuentra el elemento Processor que se encarga de realizar la actividad.



Ilustración 3-40: Propiedades del convertidor de unidades a fluido

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Conversión de unidades a fluidos – *ItemToFluid*

Debido a que se trabaja desde un inicio con quintales de chocho (evento discreto), estas unidades se configuraron para todos los convertidores de materiales a lo largo de la línea de producción y sus propiedades fueron las siguientes:

Quintales a fluido: al tener 3 quintales de chocho a la semana, el *ItemToFluid* se encarga de convertir, mediante su puerto de entrada, 1 unidad discreta a 50 unidades de fluido, es decir, por 1 unidad discreta se obtuvieron 50 kg de material (chocho) que sigue el flujo por el puerto de salida del elemento.

Sacos de malla a fluido: al tener 60 sacos de malla a la semana, el *ItemToFluid* se encarga de convertir, mediante su puerto de entrada, 1 unidad discreta a 2,5 unidades de fluido, es decir, por 1 unidad discreta se obtendrá 2,5 kg de material (chocho) que sale por el puerto de salida del elemento.

Fundas de sal a fluido: se tuvo una llegada de 1 funda de sal a la semana, para este apartado se considera que se tiene 3 llegadas de sal y la conversión fue de 1 unidad discreta a 0,74; 2,15 y 2 unidades de fluido respectivamente, es decir, por 1 unidad discreta se obtuvo 0,74 kg; 2,15 kg y 2 kg de sal que siguen el flujo por el puerto de salida. En la ilustración 3-41 se tiene un ejemplar de la conversión de unidades discretas a continuas.

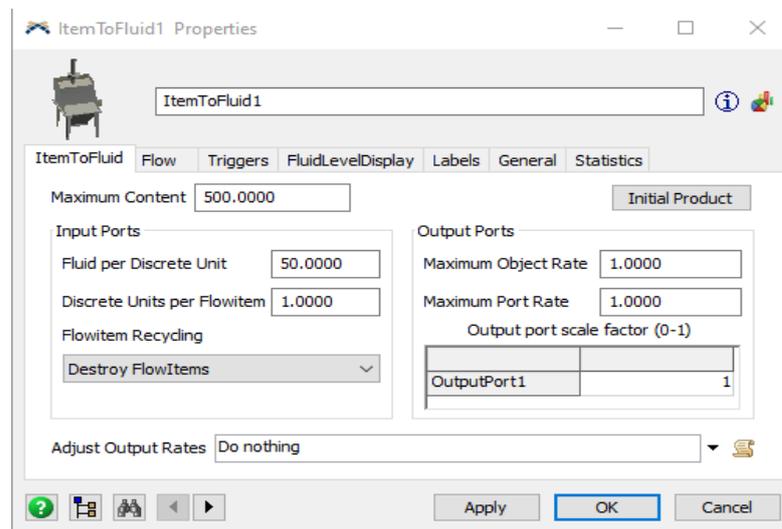


Ilustración 3-41: Propiedades del convertidor de unidades a fluido

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J. 2024.

Conversión de fluidos a unidades – *FluidToItem*

Se realizaron conversiones de fluido a materiales para que en la simulación se pueda apreciar la manipulación del operario con estos elementos y así poder tener una mejor apreciación y comparación del recorrido de los materiales con la línea de producción obtenida de forma analítica.

Fluido a sacos de malla: al momento de tener convertidos los quintales a fluidos, se realiza una conversión de fluidos a mallas, esta configuración se realizó de tal manera que, por cada 2,5 unidades de fluido, se obtienen 60 unidades discretas, es decir, por cada 2,5 kg de material (chocho), se obtienen 60 sacos de malla como unidades discretas que siguen el flujo por el puerto de salida.

Fluido a quintales: después de tener material fluido en la salida de la tamizadora (*FluidProcessor*) se convierte esta cantidad a unidades discretas, esta configuración se realiza de tal manera que, por cada 50 unidades de fluido, se obtienen 2 unidades discretas, es decir, por cada 50 kg de material (harina de chocho), se obtienen 2 sacos de malla como unidades discretas, dando a entender que al final de la línea de producción se tienen 2 quintales de harina de chocho. En la ilustración 3-42 se tiene un ejemplar de las conversiones de fluidos a unidades.

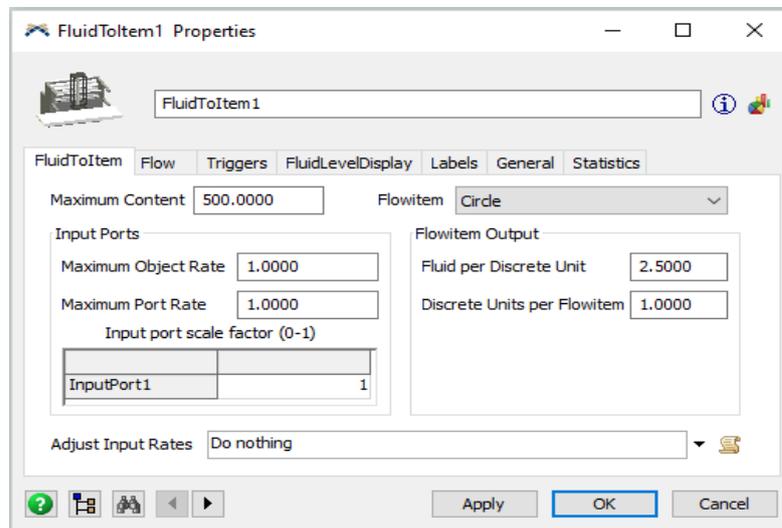


Ilustración 3-42: Propiedades del convertidor de fluido a unidades

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Generación de agua - *FluidGenerator*

Para la obtención del agua, se opta por considerar a los *FluidGenerator* como salidas de agua, o llaves de agua que se encargaron de llenar a la tina de hidratación, tina de cocción, tina de enjuague y tina de lavado configuradas de la siguiente manera:

Agua para hidratación: se necesita una cantidad de 444,15 kg de agua para el proceso de hidratación, considerando que, al requerir de agua una vez a la semana por esa salida, se configura este elemento de tal manera que se vuelva a llenar el generador de agua cuando esté vacío con un tiempo de retardo de 9 635,58 min. Se consideró que para obtener el tiempo de retardo se hizo la diferencia entre una semana (en minutos) y el tiempo de llenado de los tanques (444,15 min).

Agua para cocción: se necesita una cantidad de 1 288,08 kg de agua para el proceso de hidratación, considerando que, al requerir de agua una vez a la semana por esa salida, se configura este elemento de tal manera que se vuelva a llenar el generador de agua cuando esté vacío con un tiempo de retardo de 8 791,92 min. Se consideró que para obtener el tiempo de retardo se hizo la diferencia entre una semana (en minutos) y el tiempo de llenado de los tanques (1 288,08 segundos).

Agua para enjuague: se necesita una cantidad de 17 966,90 kg de agua para el proceso de hidratación, considerando que, al requerir de agua una vez a la semana por esa salida, se configura este elemento de tal manera que se vuelva a llenar el generador de agua cuando esté vacío con un tiempo de retardo de 10 800 min. Es importante mencionar que el *FluidGenerator* tiene un caudal de masa/tiempo de simulación, si se trabaja en minutos, se tardará la misma cantidad de masa en minutos, al tener una gran cantidad de agua, se demorará más de una semana en llenar el tanque, por lo cual se recomienda aumentar la tasa máxima de objetos y la tasa de puerto máxima tanto en elementos que sean de entrada y de salida para que se cumpla este aumento en el caudal.

Agua para lavado: se necesita una cantidad de 5 988,9 kg de agua para el proceso de hidratación, considerando que, al requerir de agua una vez a la semana por esa salida, se configura este elemento de tal manera que se vuelva a llenar el generador de agua cuando esté vacío con un tiempo de retardo de 4 811,10 min. Se consideró que para obtener el tiempo de retardo se hizo la diferencia entre una semana (en minutos) y el tiempo de llenado de los tanques (5 988,9 segundos).

En la ilustración 3-43 se tiene un ejemplar de la configuración realizada en el *FluidGenerator* para generar agua y que se vuelva a llenar para la siguiente semana de trabajo.

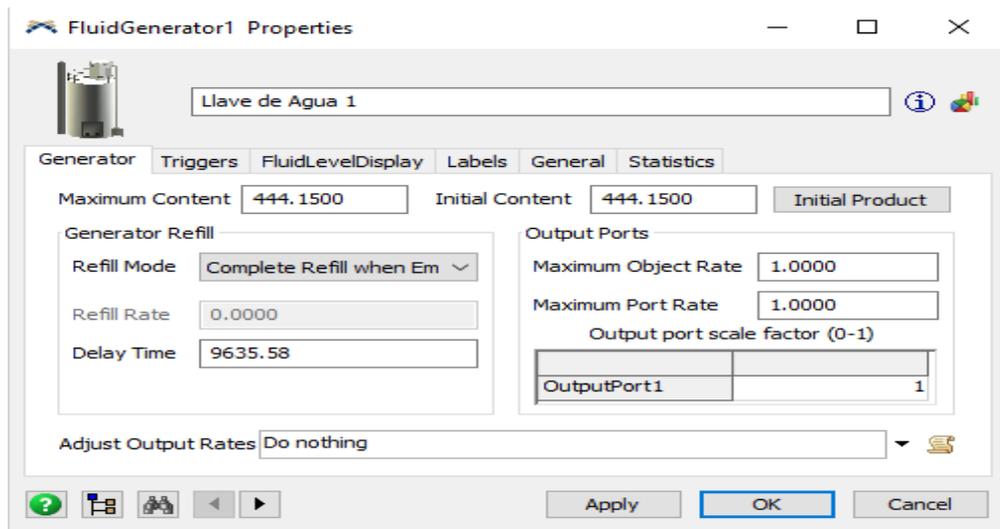


Ilustración 3-43: Propiedades del generador de agua para el proceso de desamargado

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Desamargado de chocho – *FluidMixer*

En el proceso de desamargado de chocho, los *FluidMixer* son elementos importantes para combinar o ubicar los 3 materiales (agua, chocho y sal) y que se obtenga como resultado una mezcla de estos ingredientes. Para cada proceso en específico, se configura las cantidades, entradas, recetas y tiempos de retardo que se detallan a continuación.

Hidratación: mediante los cálculos para la obtención de la harina de chocho, se determinó que, al momento de hidratar el chocho, expande su tamaño, por este motivo se configuró una salida para el siguiente proceso y otra para evacuar el agua-salina que se obtuvo al finalizar este proceso con distribución de fluido del 72,40% y 27,60% respectivamente. En la ilustración 3-44 se tienen las cantidades que se mezclaron en el proceso de hidratación.

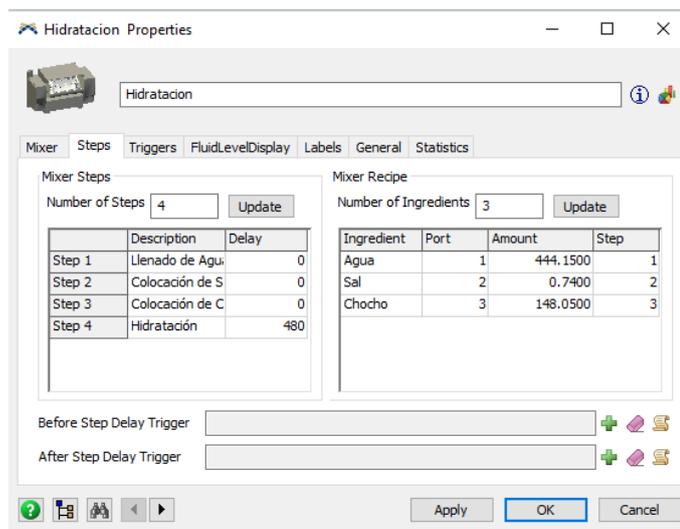


Ilustración 3-44: Componentes del proceso de hidratación

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Cocción: en función a los cálculos para la obtención de la harina de chocho, se determinó que, al momento de cocinar el chocho, reduce su tamaño, por este motivo se configura una salida para el siguiente proceso y otra para evacuar el agua-salina que se obtuvo al finalizar este proceso con una distribución de fluido del 23,21% y 76,79% respectivamente. En la ilustración 3-45 se tienen las cantidades que se mezclaron en el proceso de cocción.

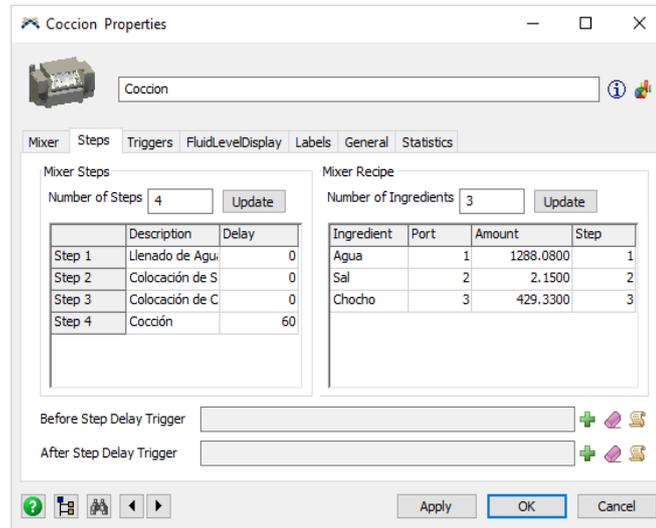


Ilustración 3-45: Componentes del proceso de cocción

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Enjuague: en este proceso, el chocho mantiene su tamaño, pero al momento de agregar una gran cantidad de agua, los porcentajes de salida cambian totalmente, se considera un 2,17% de material para el siguiente proceso y un 97,83% de agua salina que se elimina de la tina de enjuague. En la Para este proceso se trabajó con 2 tinas de enjuagues dividiendo las cantidades para cada elemento en la simulación. En la ilustración 3-46 se tienen las cantidades que se mezclaron en el proceso de enjuague en la tina 1.

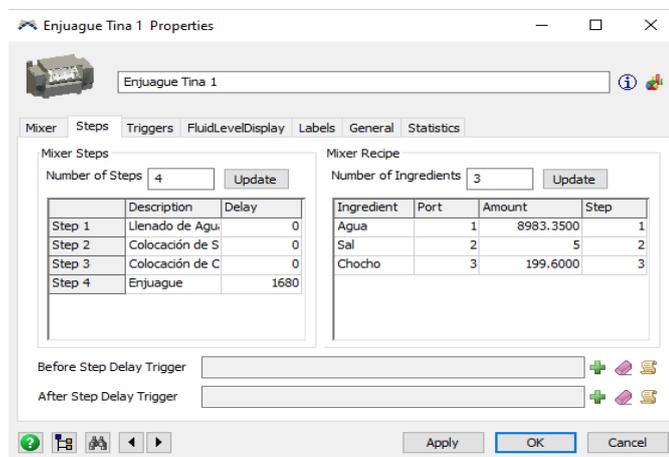


Ilustración 3-46: Componentes del proceso de enjuague

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Lavado: finalizando el proceso de desamargado, se lava el chocho con una considerable cantidad de agua sin agregar sal, es por esto que de igual manera se requiere de un puerto de salida para el chocho lavado y otra para el agua que se tuvo en el lavado con valores de 6,25% y 93,75% respectivamente considerando que son dos salidas de las tinas de enjuague 1 y 2. En la ilustración 3-47 se tienen las cantidades que se mezclaron en el proceso de lavado para finalizar con la etapa de desamargado de chocho.

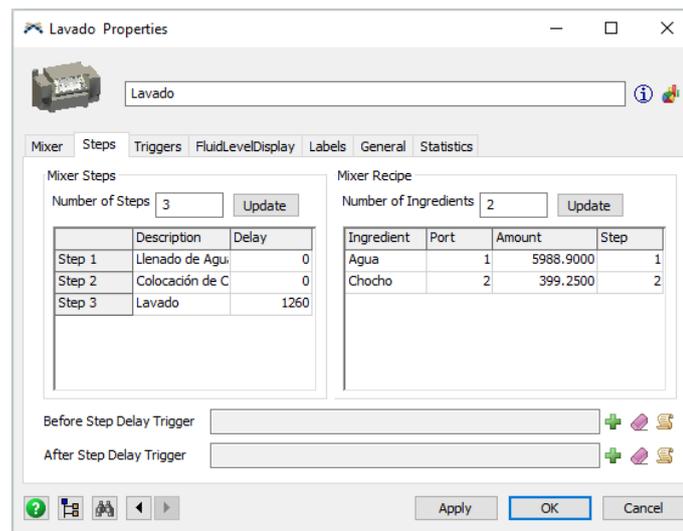


Ilustración 3-47: Componentes del proceso de lavado final

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Para la elaboración de la harina, los granos de chocho pasan a la secadora en la cual pierden el 71,80% de toda la mezcla debido a la cantidad de agua con la que salen. En el proceso de molienda, el chocho pierde apenas un 1,07% por la maquinaria y en el proceso de tamizado se pierde 5,07% del material obteniendo así la harina que se la ubica en presentaciones de 1 quintal para ser finalmente entregada.

Al final del proceso para elaborar harina de chocho se obtienen 2 unidades de producto, cada una equivalente a 1 quintal, lo cual, se tiene como resultado a la semana, 2 quintales de harina de chocho u 8 quintales de harina al mes, esto equivale a los 400 kg de harina al mes que demandaba la empresa para producir en la planta.

3.13.4.5. Interpretación de resultados

- La simulación tiene alrededor de 5 250 min como tiempo total para elaborar la harina de chocho, este tiempo se compara con los 5 804 min obtenidos en la propuesta de la línea de producción, los tiempos varían debido a que, en el diagrama de procesos, los tiempos son

estimados y no reales, también se consideró trabajar con un solo operario para realizar todas las actividades ya que la mayoría de procesos o etapas son de espera y el operario no tiene gran participación en la elaboración de la harina más que de transporte o colocación del producto en las máquinas. Por último, en el proceso de secado no se puede simular las 7 horas con 30 minutos para realizar esta actividad ya que se trabajó con un *FluidProcessor* y este elemento no cuenta con una configuración para establecer el tiempo requerido para realizar esta actividad.

- Es importante hacer énfasis en la velocidad de llenado para los *FluidMixer*, es decir, para los demás materiales que ingresan a ser mezclados, también se debe considerar modificar la tasa máxima de objetos y la tasa de puerto máxima para los objetos que son de entrada y para el mezclador considerando que la preferencia de flujo de materiales la tendrá el objeto con el mayor valor de estas velocidades.
- Se lleva a cabo la simulación de la línea de producción para comparar el flujo que tienen los materiales tanto de forma analítica como en la simulación, cabe destacar que algunas situaciones cambian en la propuesta de diseño con la que interpreta FlexSim debido a las restricciones del software y a las consideraciones de los autores.

3.13.4.6. Estadísticas

En la ilustración 3-48 se tiene una gráfica de pastel en la cual se indica los porcentajes de los estados en que estaba el operario a lo largo de la simulación.

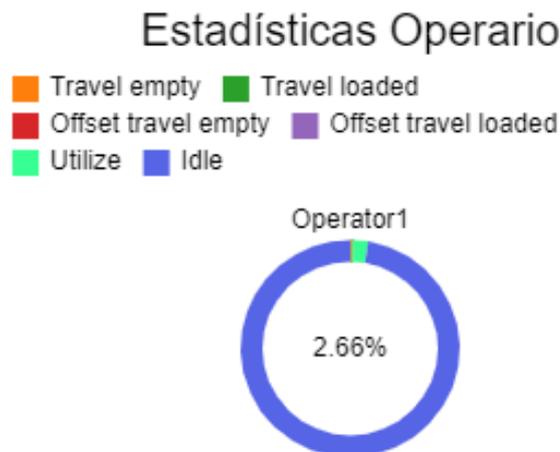


Ilustración 3-48: Estadísticas del operario en la simulación

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Tabla 3-31: Estadísticas del operario en la simulación

Estado	Porcentaje	Equivalencia
Utilizado	2,19 %	114,98 min
Inactivo	97,34 %	5 110,35 min
Viaje vacío	0.24 %	12,60 min
Viaje cargado	-	-
Viaje vacío compensado	-	-
Viaje cargado compensado	-	-

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-31 se tienen los porcentajes obtenidos de cada uno de los estados del operario a lo largo de la simulación, la equivalencia que se tiene se refiere al tiempo los tiempos en cada estado. Cabe destacar que el operario pasa casi en su totalidad en estado de “inactivo” esto se debe a que son procesos que tienen un gran tiempo de duración en el cual el operario no interviene mucho y son las máquinas las que se encargan de realizar la actividad, esta inactividad también se debe al proceso de desamargado que se tiene para la elaboración de harina de chocho.



Ilustración 3-49: Estado de máquinas en la simulación

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la ilustración 3-49 se tiene los estados de todas las máquinas que intervienen en la elaboración de harina de chocho como resultado final de la simulación. Es necesario mencionar que no se realizó un análisis de los convertidores (ítem a fluido y fluido a ítem) debido a que se los considera un conjunto de cada máquina.

Tabla 3-32: Porcentajes de estado sobre cada una de las máquinas

Máquina	Estado							
	Procesando	Liberando	Llenando	Mezclado	Inactivo	Vacío	Esperando al operador	Starved
Selección y mallas	2,19 %	-	-	-	97,81 %	-	-	-
Hidratación	-	-	-	9,20 %		88,53 %		2,10 %
Cocción	-	0,21 %	0,19 %	1,20 %		87,14 %		11,26 %
Enjuague Tina 1	-	1,68 %	1,07 %	32,06 %		53,49 %		11,71 %
Enjuague Tina 2	-	1,68 %	1,07 %	32,06 %		53,49 %		11,71 %
Lavado	-	2,44 %	2,88 %	24,04 %		27,83 %		42,88 %
Secado	16,69 %	-	-	-		83,31 %		-
Molienda	14,13 %	-	-	-		85,87 %		-
Tamizado	5,79 %	-	-	-		94,21 %		-

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 3-32 se encuentran los porcentajes de estado sobre cada una de las máquinas que se consideró para realizar este análisis en función a la simulación de la elaboración de harina de chocho y se detallan a continuación los más significantes:

Procesando: este estado o característica solo se la encuentra en la máquina de selección y mallas, secado, molienda y tamizado ya que son elementos considerados como *Processor*. No tienen un gran tiempo de procesamiento debido a que existen otras etapas que requieren de mayor tiempo en toda la simulación.

Mezclado: el estado de mezclado se encuentra más presente en las máquinas para desamargar el chocho ya que en estas tinas se unen o se mezclan los ingredientes (agua-sal) por un lapso de tiempo. Estos porcentajes destacan en la tabla debido a que son procesos que duran muchas horas.

Vacío: al terminar de completar el estado de mezcla de los ingredientes, estas máquinas quedan vacías por un tiempo hasta que sean abastecidas nuevamente de material.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Cálculos para la simulación

La demanda requerida por la empresa es de 350 kg, pero como en todo proceso productivo siempre van a existir pérdidas se decidió utilizar un porcentaje de incremento de 15% ya sea que este vaya en aumento o disminución, esto se lo hizo con el objetivo de asegurar que al final de proceso se obtenga la cantidad solicitada por la Corporación, dándonos como demanda real mensual de 402,5 kg de harina.

Cantidad de grano de chocho que necesitaremos para cumplir con la producción es:

$$\begin{aligned} 0.67 \text{ kg de harina} &\rightarrow 1 \text{ kg de grano} \\ 402.5 \text{ kg de harina} &\rightarrow x \\ x &= 600.75 \approx 600 \text{ kg de grano mensual} \end{aligned}$$

Tomando en consideración que, en Ecuador un quintal de chocho pesa 50 kg sacamos el requerimiento.

$$\frac{600 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 12 \text{ quintales (mensual)}$$

La cantidad de chocho que necesitaremos para cumplir con la producción semanal de harina:

$$\begin{aligned} x &= \frac{600}{4} \\ x &= 150 \text{ kg de grano (semanal)} \end{aligned}$$

Cantidad semanal requerida en quintales:

$$\frac{150 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 3 \text{ quintales}$$

Considerando que cada quintal pesa 50 kg se saca la relación de la cantidad de mallas a utilizar:

2.5 kg de grano → 1 saco de malla

150 kg de grano → x

$x = 60$ sacos de malla

Según (Céspedes, 2022, p. 10) los porcentajes de merma y rendimiento de chocho para cada proceso son los siguientes:

En la tabla 4-1 se detalla el balance de materia del proceso de elaboración de la harina de chocho.

Tabla 4-1: Balance de materia

Proceso	% de merma	% de incremento
Recepción MP	0	
Selección	1.3	
Pesaje	0	
Hidratación		190.01
Cocción	7.01	
Enjuague	0	
Lavado	5	
Secado	71.8	
Molienda	1.01	
Tamizado	5.07	
Envasado	0	

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

Tomando en consideración los porcentajes de la tabla 4-1 se realizan los cálculos para la producción semanal que requerimos.

4.2. Análisis de los procesos y la maquinaria

4.2.1. Fase de selección

El peso del grano al final del proceso se determina de la siguiente manera:

$$150 \text{ kg} * 1,3\% = 1,95 \text{ kg}$$

$$150 \text{ kg} - 1,95 \text{ kg} = 148,05 \text{ kg}$$

En la fase de selección, ingresan 3 quintales de chocho, cada uno de 50 kg. Sin embargo, debido a la inspección visual realizada, se tiene una merma del 1,3%. Por lo tanto, al final del proceso, se obtienen 148,05 kg de grano de chocho.

4.2.2. Fase de hidratación

El peso del grano al final del proceso se determina de la siguiente manera:

$$148,05 \text{ kg} * 190,01\% = 281,31 \text{ kg}$$
$$148,05 \text{ kg} + 281,31 \text{ kg} = 429,36 \text{ kg}$$

- Relación de la cantidad de sal:

Adición de 0,5% (p/ v) de sal al agua utilizada (Villacrés et al., 2020, p. 2168). Dicho de otra manera 0,5% de la cantidad de grano de chocho.

$$0,5\% * 148,05 \text{ kg} = 0,74 \text{ kg}$$

- Volumen total:

Volumen del agua

Relación 1:3 (peso de grano: peso de agua) (Villacrés et al., 2020, pp. 2168-2169).

$$1 \text{ kg de grano} \rightarrow 3 \text{ L de agua}$$
$$148,05 \text{ kg de grano} \rightarrow x$$
$$x = 444,15 \text{ L}$$

Volumen del chocho

Masa del chocho: 148,05 kg

Según (Ubillús, 2021, p. 22), la densidad del chocho es de 1,46 g/cm³.

$$Volumen = \frac{masa}{densidad} = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

$$Volumen = \frac{148050 \text{ g}}{1460 \text{ g/L}} = 101,4 \text{ L}$$

$$Volumen total = 444,15 \text{ L} + 101,4 \text{ L} = 545,55 \text{ L}$$

- Capacidad requerida del equipo:

$$\text{Capacidad} = 600 \text{ L}$$

Para llevar a cabo el proceso de hidratación, se requieren los siguientes recursos: 0,74 kg de sal, ya que 148,05 kg de chocho ocupan un volumen de 101,4 L y se añaden 444,15 L de agua, se ha optado por adquirir una tina hidratadora de 600 L. Esta elección garantiza que haya suficiente espacio para el grano y el líquido, asegurando así una hidratación óptima, asegurando así una hidratación óptima.

4.2.3. Fase de cocción

El peso del grano al final del proceso se determina de la siguiente manera:

$$429,36 \text{ kg} * 7,01\% = 30,1 \text{ kg}$$

$$429,36 \text{ kg} - 30,1 \text{ kg} = 399,26 \text{ kg}$$

- Relación de la cantidad de sal:

$$0,5\% * 429,36 = 2,15 \text{ kg}$$

- Volumen total:

Volumen del agua

Relación 1:3 (peso de grano: peso de agua) (Villacrés et al., 2020, pp. 2168-2169).

$$1 \text{ kg de grano} \rightarrow 3 \text{ L de agua}$$

$$429,36 \text{ kg de grano} \rightarrow x$$

$$x = 1288,08 \text{ L}$$

Volumen del chocho

Masa del chocho: 429,36 kg

$$\text{Volumen} = \frac{429360 \text{ g}}{1460 \text{ g/L}} = 294,08 \text{ L}$$

$$\text{Volumen total} = 294,08 \text{ L} + 1288,08 \text{ L} = 1582,16 \text{ L}$$

- Capacidad requerida del equipo:

$$\text{Capacidad} = 1600 \text{ L}$$

Para llevar a cabo el proceso de cocción, se requieren los siguientes recursos: 2,15 kg de sal, ya que 429,36 kg de chocho ocupan un volumen de 294,08 L y se añaden 1288,08 L de agua, se ha optado por adquirir una tina de cocción de 1600 L. Esta elección garantiza que haya suficiente espacio para el grano y el líquido, asegurando así una cocción óptima.

4.2.4. Enjuague

Los cambios de agua se realizan en los siguientes intervalos de tiempo: 3 h, 3 h, 16 h, 3 h y 3h (Villacrés et al., 2020, p. 2168).

- Relación de la cantidad de sal:

$$0,5\% * 399,26 = 2 \text{ kg}$$

Como se realizan 5 cambios de agua y a cada uno de ellos se le adiciona 0,5% (p/v) de sal (Villacrés et al., 2020, p. 2168).

$$\text{Total} = 2 \text{ kg} * 5 = 10 \text{ kg}$$

- Volumen total:

Volumen del agua

Para sacar el volumen total del agua que se utilizará en este proceso se tienen dos proporciones una de 1:15 y otra de 1:5 (Villacrés et al., 2020, pp. 2168-2169).

Relación 1:15 (peso del grano: peso del agua) para las primeras 6 h.

$$1 \text{ kg de grano} \rightarrow 15 \text{ L de agua}$$

$$399,26 \text{ kg de grano} \rightarrow x$$

$$x = 5988,9 \text{ L}$$

Relación 1:5 (peso del grano: peso del agua) para las 22 h siguientes.

$$1 \text{ kg de grano} \rightarrow 5 \text{ L de agua}$$

$$399,26 \text{ kg de grano} \rightarrow x$$

$$x = 1996,3 \text{ L}$$

$$\text{Volumen} = 5988,9(2)\text{L} + 1996,3(3)\text{L} = 17966,7 \text{ L}$$

Volumen del chocho

Masa del chocho: 399,26 kg

$$\text{Volumen} = \frac{399260 \text{ g}}{1460 \text{ g/L}} = 273,47 \text{ L}$$

$$\text{Volumen total} = 273,47 \text{ L} + 5988,9(2)\text{L} + 1996,3(3)\text{L} = 18240,17 \text{ L}$$

- Capacidad requerida del equipo:

$$\text{Capacidad} = 273,47 \text{ L} + 5988,9 \text{ L} = 6300 \text{ L}$$

Para llevar a cabo el proceso de enjuague, se requieren los siguientes recursos: 10 kg de sal, ya que 399,26 kg de chocho ocupan un volumen de 273,47 L y se añaden 17966,7 L de agua, se ha optado por adquirir una tina hidratadora con agitador de 6300 L. Esta elección garantiza que haya suficiente espacio para el grano y el líquido, asegurando así un enjuague óptimo.

4.2.5. Lavado

El peso del grano al final del proceso se calcula de la siguiente manera:

$$399,26 \text{ kg} * 5\% = 19,963 \text{ kg}$$

$$399,26 \text{ kg} - 19,963 \text{ kg} = 379,3 \text{ kg}$$

- Volumen total:

Volumen del agua

Para sacar el volumen total del agua que se utilizará en este proceso se tiene una proporción de 1:7,5 (Villacrés et al., 2020, pp. 2168-2169).

Relación 1:7,5 (peso del grano: peso del agua) para las primeras 21 h.

$$1 \text{ kg de grano} \rightarrow 7,5 \text{ L de agua}$$

$$399,26 \text{ kg de grano} \rightarrow x$$

$$x = 2994,45 \text{ L}$$

$$\text{Volumen} = 2994,45(2) \text{ L} = 5988,9 \text{ L}$$

Volumen del chocho

Masa del chocho: 399,26 kg

$$\text{Volumen} = \frac{399260 \text{ g}}{1460 \text{ g/L}} = 273,47 \text{ L}$$

$$\text{Volumen total} = 273,47 \text{ L} + 2994,45(2) \text{ L} = 6262,37 \text{ L}$$

- Capacidad requerida del equipo:

$$\text{Capacidad} = 273,47 \text{ L} + 2994,45 \text{ L} = 3267,92 \text{ L}$$

Para llevar a cabo el proceso de lavado, se requieren los siguientes recursos: dado que 399,26 kg de chocho ocupan un volumen de 273,47 L y se añaden 2994,45 L de agua, se ha optado por adquirir una tina hidratadora de 3300 L. Esta elección garantiza que haya suficiente espacio para el grano y el líquido, asegurando así un lavado final óptimo.

4.2.6. *Secado*

El peso del grano al final del proceso se calcula de la siguiente manera:

$$379,3 \text{ kg} * 71,8\% = 272,34 \text{ kg}$$

$$379,3 \text{ kg} - 272,34 \text{ kg} = 106,96 \text{ kg}$$

Para el proceso de deshidratación del grano, se necesita una secadora de aire con una capacidad de 400 kg/h.

4.2.7. *Molido*

El peso del grano al final del proceso se calcula de la siguiente manera:

$$106,96 \text{ kg} * 1,01\% = 1,08 \text{ kg}$$

$$106,96 \text{ kg} - 1,08 \text{ kg} = 105,82 \text{ kg}$$

Para la molienda, se necesita un molino con una capacidad de 100 kg/h.

4.2.8. Tamizado

El peso del grano al final del proceso se calcula de la siguiente manera:

$$105,82 \text{ kg} * 5,07\% = 5,37 \text{ kg}$$

$$105,82 \text{ kg} - 5,37 \text{ kg} = 100,45 \text{ kg}$$

Para el proceso de tamizado, se necesita un tamizador con una capacidad de 100 kg/h.

En la tabla 4-2, se detalla el rendimiento por proceso para la elaboración de harina de chocho

Tabla 4-2: Balance de materia de la elaboración de la harina de chocho

Proceso	Peso de chocho en la entrada (kg)	Peso de chocho a la salida (kg)
Recepción MP	150	150
Selección	150	148,05
Pesaje	148,05	148,05
Hidratación	148,05	429,36
Cocción	429,36	399,26
Enjuague	399,26	399,26
Lavado	399,26	379,3
Secado	379,3	106,96
Molienda	106,96	105,88
Tamizado	105,82	100,45
Envasado	100,45	2 unidades de 50,23 kg

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

En la tabla 4-3, se detalla el rendimiento por proceso para la elaboración de harina de chocho en FlexSim.

Tabla 4-3: Balance de materia de la elaboración de harina de chocho simulados en FlexSim

Agua	Sal	Peso de chocho en la entrada (kg)	Proceso	Peso de chocho a la salida (kg)	Descarga de agua
		150	Recepción MP	150	
		150	Selección y pesaje	148,05	
444,15	0,74	148,05	Hidratación	429,33	158,55
1288,08	2,15	429,33	Cocción	399,2	1162,52
17966,7	10	399,2	Enjuague	399,26	17603,38
5988,90		399,25	Lavado	399,31	5985,03
		379,3	Secado	106,96	
		106,96	Molienda	105,8	
		105,8	Tamizado	100,42	
		100,42	Envasado	2 unidades de 50,21 kg	

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3. Distribución de espacios

Para determinar qué área requiere cada máquina que vamos a comprar y poder disponer de esta área en la planta utilizamos el **método de Guerchet**, que plantea tres superficies a considerar para las maquinarias, que son:

Superficie total (St)

La superficie total (St) está constituida por la suma de todas las superficies y se determina con la siguiente ecuación:

$$St = N(Ss + Sg + Se) \quad (3)$$

Donde:

N = número de máquinas estáticas o móviles

Ss = Superficie estática

Sg = Superficie gravitatoria

Se = Superficie evolutiva

Superficie estática (Ss)

Corresponde a las dimensiones de la máquina; generalmente está dada en la tabla de especificaciones elaborada por el fabricante. (RÍOS ORTIZ, 2012)

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Ss = L * A \quad (4)$$

Donde:

$L = Largo$

$A = Ancho$

Superficie gravitatoria (Sg)

Corresponde a la superficie alrededor de la máquina que es utilizada por el operario (RÍOS ORTIZ, 2012)

Nota: No se considera superficie gravitatoria en caso de zonas de almacenamiento.

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Sg = Ss * n \quad (5)$$

Donde:

$n = \text{números de lados de manipulación de los equipos}$

Superficie evolutiva (Se)

Espacio requerido que se debe reservar entre los diferentes puestos de trabajo para los desplazamientos del personal. (RÍOS ORTIZ, 2012)

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Se = (Ss + Sg)k \quad (6)$$

Donde:

$k = \text{constante de evolución}$

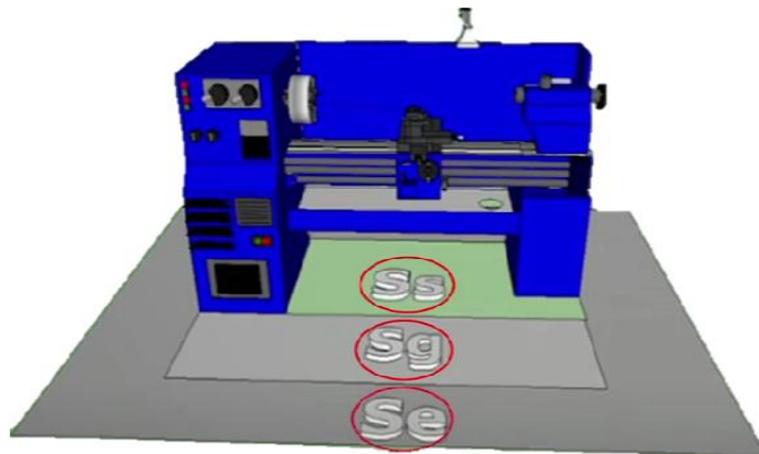
En la tabla 4-4 se muestran algunos valores de la constante K utilizados en casos particulares en el Método Guerchet

Tabla 4-4: Valores de la constante de evolución

Razón de la empresa	Coefficiente K
Gran industria alimentaria	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena con transportadores mecánicos	0,10 - 0,25
Textil-hilado	0,05 - 0,25
Textil-tejido	0,5 - 1
Relojería, joyería	0,75 - 1
Pequeña industria mecánica	1,5 - 2
Industria mecánica en general	2 - 3

Fuente: (RÍOS ORTIZ, 2012)

La ilustración 4-1 muestra las superficies estática, gravitacional y de evolución, según el Método Guerchet.



$$\text{Superficie total } (St) = N(Ss + Sg + Se)$$

Ilustración 4-1: Superficies de una máquina según el Método Guerchet

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.1. Superficie de la mesa auxiliar

$$Ss = L * A$$

$$Ss = (1,4 m)(0,6 m)$$

$$Ss = 0,84 m^2$$

$$Sg = Ss * n$$

$n = 1$ (el operario ocupa un lado para trabajar)

$$Sg = (0,84 m^2) * (1)$$

$$Sg = 0,84 \text{ m}^2$$

$$Se = (Ss + Sg)k$$

$k = 0,1$ (industria alimentaria)

$$Se = (0,84 \text{ m}^2 + 0,84 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$Se = 0,17 \text{ m}^2$$

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

$N = 1$ (una sola máquina)

$$St = 1 * (0,84 \text{ m}^2 + 0,84 \text{ m}^2 + 0,17 \text{ m}^2)$$

$$St = 1,85 \text{ m}^2$$

Área inicial: $1,6 \text{ m}^2$

$$(1,4 + x)(0,6 + x) = 1,85$$

$$0,84 + 1,4x + 0,6x + x^2 = 1,85$$

$$x^2 + 2x - 1,01 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-2 \pm \sqrt{(2)^2 - 4(1) \cdot (-1,01)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 4,04}}{2}$$

$$x = \frac{-2 \pm \sqrt{8,04}}{2}$$

$$x_1 = 0,42 \quad x_2 = -2,42$$

$$\text{Área de trabajo} = (1,4 \text{ m} + 0,42 \text{ m})(0,6 \text{ m} + 0,42 \text{ m}) = 1,85 \text{ m}^2$$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de cada mesa auxiliar.

4.3.1.1. Superficie total de la mesa auxiliar

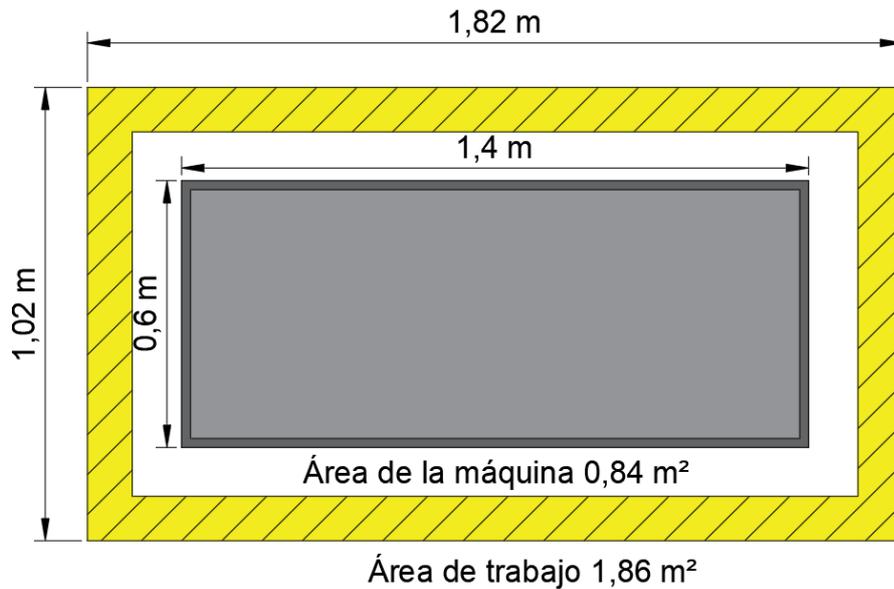


Ilustración 4-2: Área de máquina, operario y de trabajo de la mesa auxiliar

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.2. Superficie de la tina de hidratación

$$S_s = L * A$$

$$S_s = (0,8 \text{ m})(0,7 \text{ m})$$

$$S_s = 0,56 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$S_g = (0,56 \text{ m}^2) * (1)$$

$$S_g = 0,56 \text{ m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)k$$

$k = 0,1$ porque es industria alimenticia

$$S_e = (0,56 \text{ m}^2 + 0,56 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$S_e = 0,11 \text{ m}^2$$

$$S_t = N(S_s + S_g + S_e)$$

$$N = 1$$

$$S_t = 1 * (0,56 \text{ m}^2 + 0,56 \text{ m}^2 + 0,11 \text{ m}^2)$$

$$S_t = 1,23 \text{ m}^2$$

Área inicial: $0,56 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}(0,8 + x)(0,7 + x) &= 1,23 \\ 0,56 + 0,8x + 0,7x + x^2 &= 1,23 \\ x^2 + 1,5x - 0,67 &= 0 \\ x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ x &= \frac{-1,5 \pm \sqrt{(1,5)^2 - 4(1) \cdot (-0,67)}}{2(1)} \\ x &= \frac{-1,5 \pm \sqrt{2,25 + 2,68}}{2} \\ x &= \frac{-1,5 \pm \sqrt{4,93}}{2} \\ x_1 &= 0,36 \quad x_2 = -1,86\end{aligned}$$

Área de trabajo: $= (0,8 \text{ m} + 0,36 \text{ m})(0,7 \text{ m} + 0,36 \text{ m}) = 1,23 \text{ m}^2$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la tina de hidratación.

4.3.2.1. Superficie total de la tina de hidratación

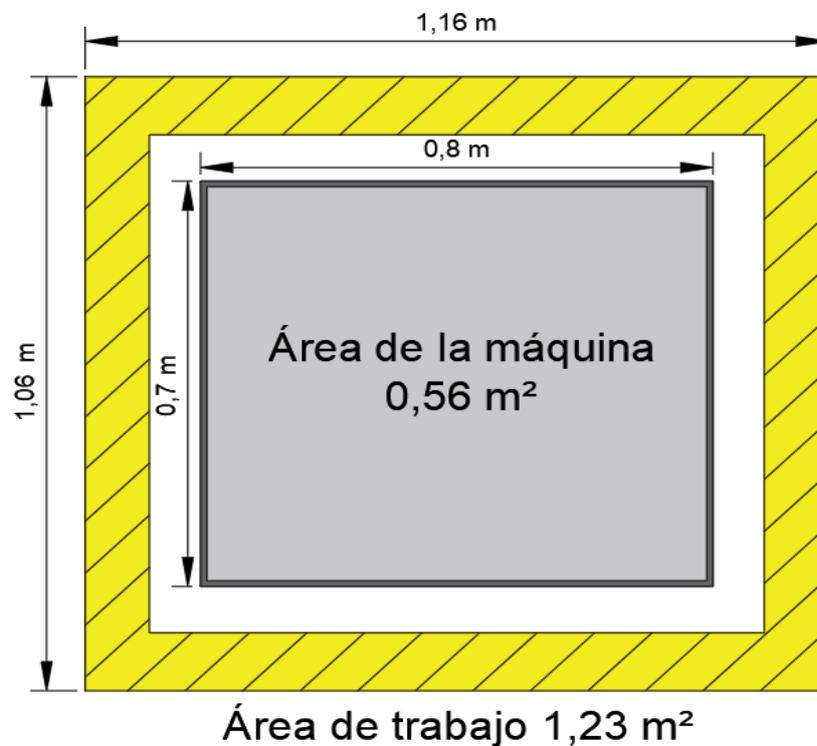


Ilustración 4-3: Área de máquina, operario y de trabajo de hidratación

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J. 2024.

4.3.3. Superficie de la tina de cocción

$$Ss = L * A$$

$$Ss = (1,6 m)(1 m)$$

$$Ss = 1,6 m^2$$

$$Sg = Ss * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$Sg = (1,6 m^2) * (1)$$

$$Sg = 1,6 m^2$$

$$Se = (Ss + Sg)k$$

$$k = 0,1$$

$$Se = (1,6 m^2 + 1,6 m^2) * 0,1$$

$$Se = 0,32 m^2$$

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

$$N = 1$$

$$St = 1 * (1,6 m^2 + 1,6 m^2 + 0,32 m^2)$$

$$St = 3,52 m^2$$

Área inicial: $1,6 m^2$

$$(1,6 + x)(1 + x) = 3,52$$

$$1,6 + 1,6x + x + x^2 = 3,52$$

$$x^2 + 2,6x - 1,92 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-2,6 \pm \sqrt{(2,6)^2 - 4(1) \cdot (-1,92)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-2,6 \pm \sqrt{6,76 + 7,68}}{2}$$

$$x = \frac{-2,6 \pm \sqrt{14,44}}{2}$$

$$x_1 = 0,6 \quad x_2 = -3,2$$

Área de trabajo: $= (1,6 m + 0,6 m)(1 m + 0,6 m) = 3,52 m^2$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la tina de cocción.

4.3.3.1. Superficie total de la tina de cocción

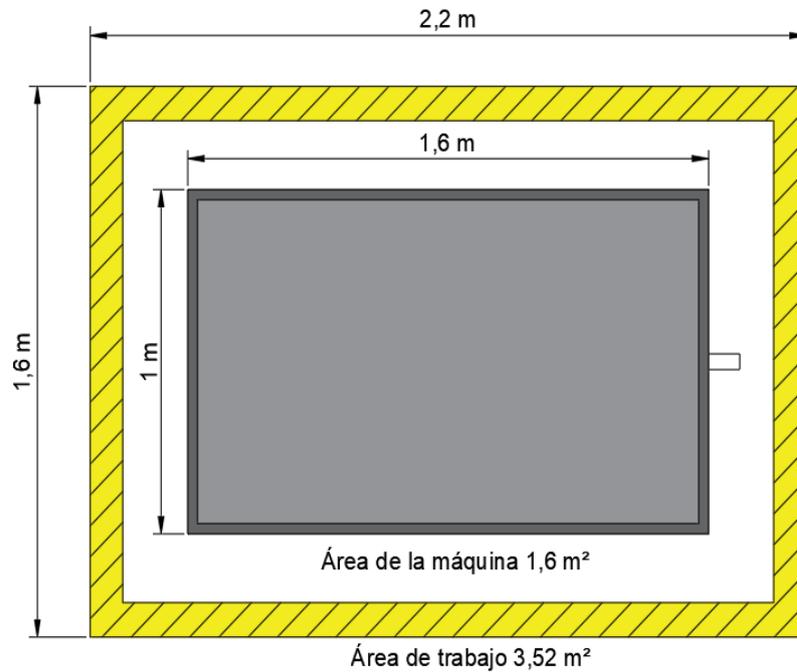


Ilustración 4-4: Área de máquina, operario y de trabajo de cocción

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.4. Superficie de las tinas de enjuague

$$Ss = L * A$$

$$Ss = (2,1 m)(1,5 m)$$

$$Ss = 3,15 m^2$$

$$Sg = Ss * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$Sg = (3,15 m^2) * (1)$$

$$Sg = 3,15 m^2$$

$$Se = (Ss + Sg)k$$

$$k = 0,1$$

$$Se = (3,15 m^2 + 3,15 m^2) * 0,1$$

$$Se = 0,63 m^2$$

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

$$N = 1$$

$$St = 1 * (3,15 \text{ m}^2 + 3,15 \text{ m}^2 + 0,63 \text{ m}^2)$$

$$St = 6,93 \text{ m}^2$$

Área inicial: $3,15 \text{ m}^2$

$$(2,1 + x)(1,5 + x) = 6,93$$

$$3,15 + 2,1x + 1,5x + x^2 = 6,93$$

$$x^2 + 3,6x - 3,78 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-3,6 \pm \sqrt{(3,6)^2 - 4(1) \cdot (-3,78)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-3,6 \pm \sqrt{28,08}}{2}$$

$$x = \frac{-3,6 \pm \sqrt{25,02}}{2}$$

$$x_1 = 0,85 \quad x_2 = -4,45$$

$$\text{Área de trabajo} = (2,1 \text{ m} + 0,85 \text{ m})(1,5 \text{ m} + 0,85 \text{ m}) = 6,93 \text{ m}^2$$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la tina con agitador.

4.3.4.1. Superficie total de la tina con agitador

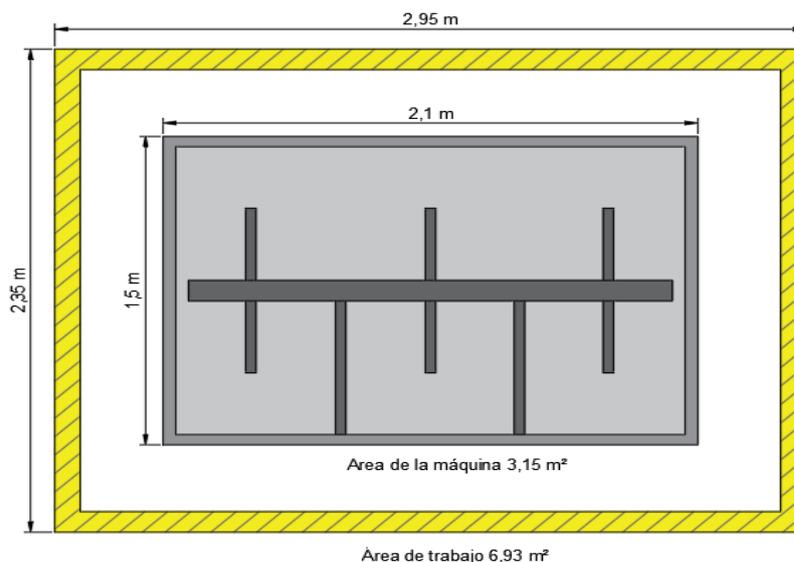


Ilustración 4-5: Área de máquina, operario y de trabajo de enjuague

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.5. Superficie de lavado

$$S_s = L * A$$

$$S_s = (2 \text{ m})(1,5 \text{ m})$$

$$S_s = 3 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$S_g = (3 \text{ m}^2) * (1)$$

$$S_g = 3 \text{ m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)k$$

$$k = 0,1$$

$$S_e = (3 \text{ m}^2 + 3 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$S_e = 0,6 \text{ m}^2$$

$$S_t = N(S_s + S_g + S_e)$$

$$N = 1$$

$$S_t = 1 * (3 \text{ m}^2 + 3 \text{ m}^2 + 0,6 \text{ m}^2)$$

$$S_t = 6,6 \text{ m}^2$$

Área inicial: 3 m^2

$$(2 + x)(1,5 + x) = 6,6$$

$$3 + 2x + 1,5x + x^2 = 6,6$$

$$x^2 + 3,5x - 3,6 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-3,5 \pm \sqrt{(3,5)^2 - 4(1) \cdot (-3,6)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-3,5 \pm \sqrt{12,25 + 14,4}}{2}$$

$$x = \frac{-3,5 \pm \sqrt{26,65}}{2}$$

$$x_1 = 0,83 \quad x_2 = -4,33$$

Área de trabajo: $= (2 \text{ m} + 0,83 \text{ m})(1,5 \text{ m} + 0,83 \text{ m}) = 6,6 \text{ m}^2$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la tina de lavado.

4.3.5.1. Superficie total de la tina de lavado

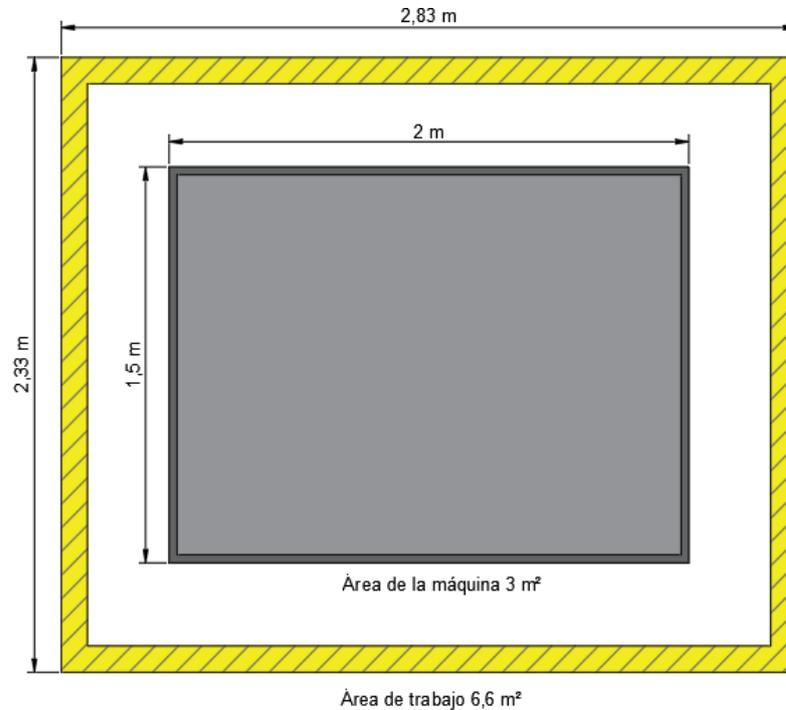


Ilustración 4-6: Área de máquina, operario y de trabajo de lavado

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.6. Superficie de la secadora

$$S_s = L * A$$

$$S_s = (8 \text{ m})(2 \text{ m})$$

$$S_s = 16 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$S_g = (16 \text{ m}^2) * (1)$$

$$S_g = 16 \text{ m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)k$$

$$k = 0,1$$

$$S_e = (16 \text{ m}^2 + 16 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$S_e = 3,2 \text{ m}^2$$

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

$$N = 1$$

$$St = 1 * (16 m^2 + 16 m^2 + 3,2 m^2)$$

$$St = 35,2 m^2$$

Área inicial: $16 m^2$

$$(8 + x)(2 + x) = 35,2$$

$$16 + 8x + 2x + x^2 = 35,2$$

$$x^2 + 10x - 19,2 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-10 \pm \sqrt{(10)^2 - 4(1) \cdot (-19,2)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-10 \pm \sqrt{100 + 76,8}}{2}$$

$$x = \frac{-10 \pm \sqrt{176,8}}{2}$$

$$x_1 = 1,65 \quad x_2 = -11,64$$

$$\text{Área de trabajo:} = (8 m + 1,65 m)(2 m + 1,65 m) = 35,2 m^2$$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la secadora de granos horizontal.

4.3.6.1. Superficie total de la secadora

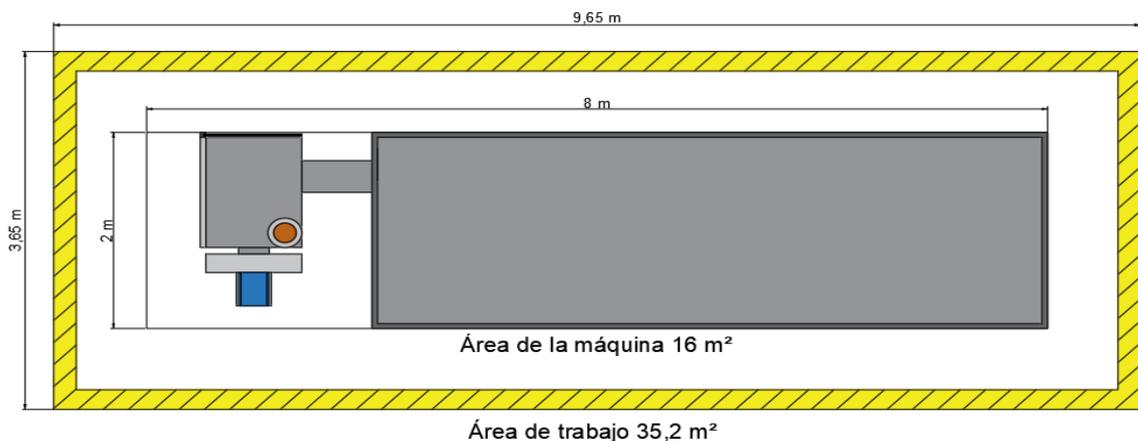


Ilustración 4-7: Área de máquina, operario y de trabajo del secado

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.7. Superficie del molino

$$S_s = L * A$$

$$S_s = (1,2 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$S_s = 1,2 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$S_g = (1,2 \text{ m}^2) * (1)$$

$$S_g = 1,2 \text{ m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)k$$

$$k = 0,1$$

$$S_e = (1,2 \text{ m}^2 + 1,2 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$S_e = 0,24 \text{ m}^2$$

$$S_t = N(S_s + S_g + S_e)$$

$$N = 1$$

$$S_t = 1 * (1,2 \text{ m}^2 + 1,2 \text{ m}^2 + 0,24 \text{ m}^2)$$

$$S_t = 2,64 \text{ m}^2$$

Área inicial: $1,2 \text{ m}^2$

$$(1,2 + x)(1 + x) = 2,64$$

$$1,2 + 1,2x + x + x^2 = 2,64$$

$$x^2 + 2,2x - 1,44 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-2,2 \pm \sqrt{(2,2)^2 - 4(1) \cdot (-1,44)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-2,2 \pm \sqrt{4,84 + 5,76}}{2}$$

$$x = \frac{-2,2 \pm \sqrt{10,6}}{2}$$

$$x_1 = 0,53 \quad x_2 = -2,73$$

Área de trabajo: $= (1,2 \text{ m} + 0,53 \text{ m})(1 \text{ m} + 0,53 \text{ m}) = 2,64 \text{ m}^2$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo del molino.

4.3.7.1. Superficie total del molino

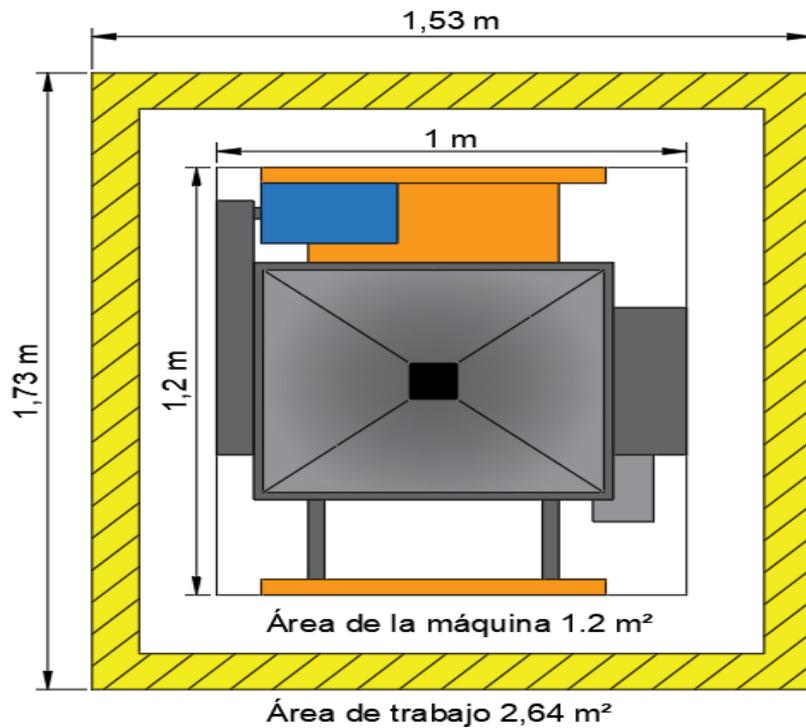


Ilustración 4-8: Área de máquina, operario y de trabajo de molienda

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.3.8. Balanza

$$S_s = L * A$$

$$S_s = (0,65 \text{ m})(0,4 \text{ m})$$

$$S_s = 0,26 \text{ m}^2$$

$$S_g = S_s * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$S_g = (0,26 \text{ m}^2) * (1)$$

$$S_g = 0,26 \text{ m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)k$$

$$k = 0,1$$

$$S_e = (0,26 \text{ m}^2 + 0,26 \text{ m}^2) * 0,1$$

$$S_e = 0,05 \text{ m}^2$$

$$S_t = N(S_s + S_g + S_e)$$

$$N = 1$$

$$St = 1 * (0,26 \text{ m}^2 + 0,26 \text{ m}^2 + 0,05 \text{ m}^2)$$

$$St = 0,57 \text{ m}^2$$

Área inicial: $0,26 \text{ m}^2$

$$(0,65 + x)(0,4 + x) = 0,57$$

$$0,26 + 0,65x + 0,4x + x^2 = 0,57$$

$$x^2 + 1,05x - 0,26 = 0,57$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-1,05 \pm \sqrt{(1,05)^2 - 4(1) \cdot (-0,31)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-1,05 \pm \sqrt{1,1025 + 1,24}}{2}$$

$$x = \frac{-1,05 \pm \sqrt{2,3425}}{2}$$

$$x_1 = 0,24 \quad x_2 = -1,29$$

$$\text{Área de trabajo} = (0,65 \text{ m} + 0,24 \text{ m})(0,4 \text{ m} + 0,24 \text{ m}) = 0,57 \text{ m}^2$$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la balanza.

4.3.8.1. Superficie total de la balanza

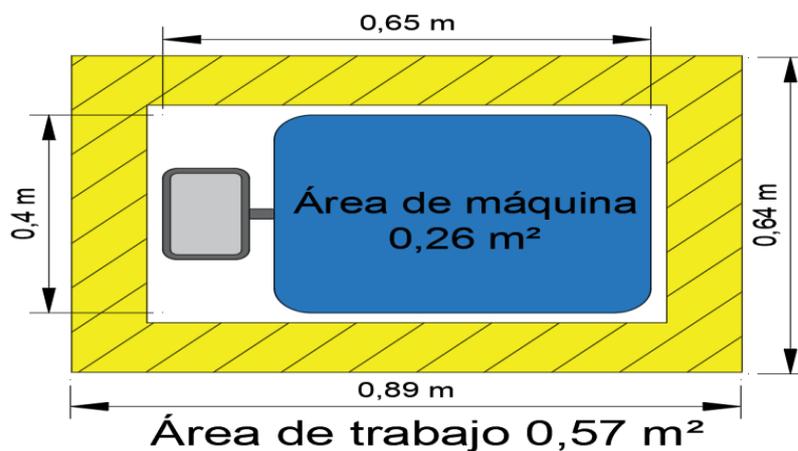


Ilustración 4-9: Área de máquina, operario y de trabajo de la balanza

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J. 2024.

4.3.9. Tamizadora

$$Ss = L * A$$

$$Ss = (0,5m)(0,5m)$$

$$Ss = 0,25 m^2$$

$$Sg = Ss * n$$

$n = 1$ el operario ocupa un lado para trabajar.

$$Sg = (0,25 m^2) * (1)$$

$$Sg = 0,25 m^2$$

$$Se = (Ss + Sg)k$$

$$k = 0,1$$

$$Se = (0,25 m^2 + 0,25 m^2) * 0,1$$

$$Se = 0,05 m^2$$

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

$$N = 1$$

$$St = 1 * (0,25 m^2 + 0,25 m^2 + 0,05 m^2)$$

$$St = 0,55 m^2$$

Área inicial: $0,25 m^2$

$$(0,5 + x)(0,5 + x) = 0,55$$

$$0,25 + 0,5x + 0,5x + x^2 = 0,55$$

$$x^2 + x + 0,25 = 0,55$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{(1)^2 - 4(1) \cdot (-0,29)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 1,16}}{2}$$

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{2,16}}{2}$$

$$x_1 = 0,24 \quad x_2 = -1,24$$

Área de trabajo: $= (0,5 m + 0,24 m)(0,5 m + 0,24 m) = 0,55 m^2$

Se trabajó con el valor positivo x_1 , este valor se refiere a la distancia que se debe agregar a lo largo y a lo ancho de la máquina para establecer el área total de trabajo de la tamizadora.

4.3.9.1. Superficie total de la tamizadora

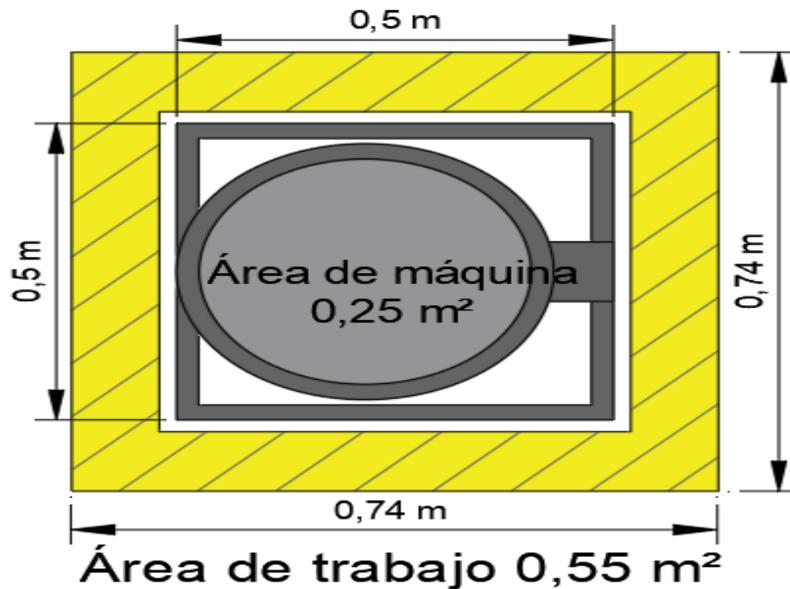


Ilustración 4-10: Área de máquina, operario y de trabajo de tamizadora

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J., 2024.

En la tabla 4-5 se tiene el resumen de las dimensiones y superficies que ocupan las áreas para la línea de producción que se encarga de elaborar harina de chocho con las demás áreas administrativas que influyen en la planta de producción.

Tabla 4-5: Tabla resumen de los espacios para las áreas de la planta

Área	Maquinaria y/o equipos	L (m)	A (m)	n (operarios)	k	N (máquinas)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	St (m ²)	Área total (m ²)
Recepción y selección de materia prima	Pallet	1	1,3	-	-	-	-	-	-	-	1,3
	Mesa de selección	1,4	0,6	1	0,1	1	0,84	0,84	0,17	1,85	1,85
	Balanza	0,65	0,4	1	0,1	1	0,26	0,26	0,05	0,57	0,57
Desamargado	Tina de hidratación	0,8	0,7	1	0,1	1	0,56	0,56	0,11	1,23	1,23
	Tina de cocción	1,6	1	1	0,1	1	1,6	1,6	0,32	3,52	3,52
	Tina de enjuague 1	2,1	1,5	1	0,1	1	3,15	3,15	0,63	6,93	6,93
	Tina de enjuague 2	2,1	1,5	1	0,1	1	3,15	3,15	0,63	6,93	6,93
	Tina de lavado	2	2,15	1	0,1	1	3	3	0,6	6,6	6,6
Producción	Secadora de granos	8	2	1	0,1	1	16	16	3,2	35,2	35,2
	Molino	1,2	1	1	0,1	1	1,2	1,2	0,24	2,64	2,64
	Tamizadora	0,5	0,5	1	0,1	1	0,25	0,25	0,05	0,55	0,55
Laboratorio	Mesa de inspección	1,4	0,6	1	0,1	1	0,84	0,84	0,17	1,85	1,85
Empacado y almacenado	Mesa de empacado	1,4	0,6	1	0,1	1	0,84	0,84	0,17	1,85	1,85
	Pallet	1	1,3	-	-	-	-	-	-	-	1,3
Entrega	-	5,85	1,36	-	-	-	-	-	-	-	7,96
Sala de reuniones	-	6,05	5,5	-	-	-	-	-	-	-	33,28
Oficina	-	6,05	5	-	-	-	-	-	-	-	30,25
Vestidores	-	4,85	6,29	-	-	-	-	-	-	-	30,51
Total											174,32

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

4.4. Inversión

En la tabla 4-6 se detalla el presupuesto de las máquinas y equipos que se necesitan para la implementación de la línea, de esta forma la empresa puede evaluar la viabilidad de llevar a cabo el proyecto en sus instalaciones. Los precios que se evaluaron son referentes al mercado nacional e internacional, cabe mencionar que en el mercado nacional no existen proveedores que tengan la maquinaria específica en stock que se requiere para la elaboración de la harina de chocho, existe el diseño y fabricación de maquinaria bajo pedido. En el mercado internacional es más fácil obtener maquinaria para elaborar cualquier proceso industrial, para ello, se debe considerar los costos de transporte.

Tabla 4-6: Presupuesto de la línea de producción de harina de chocho

Descripción	Cantidad	Precio USD	Total
Tina de cocción	1	5 912,98	5 912,98
Mesa de trabajo	4	560,18	2 240,72
Molino de martillo	1	7 116,2	7 116,2
Secadora	1	1 861,03	1 861,03
Tamizador	1	1 200	1 200
Tanque de hidratación 600 L	1	600	600
Tanque de hidratación 3300 L	1	1 200	1 200
Tanque de hidratación 3150 L con agitador	2	2 000	4 000
Balanza de plataforma	1	135	135
Mallas	30	1	30
Gavetas	7	1	7
Carretilla de plataforma	1	1 055,58	1 055,58
Termobalanza	1	3 470,91	3 470,91
Medidor de temperatura	1	78,78	78,78
Gastos Imprevistos	1	1 000	1000
Total			29 908,2

Realizado por: Gavidia, V. Romero, J, 2024.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al finalizar con el desarrollo del tema “Diseño y simulación de una línea de producción para la elaboración de harina de chocho en la Corporación Sumak Tarpuy aplicando la metodología Systematic Layout Planning y después de analizar cada uno de los objetivos se llegó a las siguientes conclusiones:

Mediante la revisión bibliográfica se logró determinar que para elaborar harina de chocho se deben realizar los procesos de: desamargado de chocho, secado, molienda y tamizado, de igual forma, el mejor método para desamargar chocho es el “salino”, este se enfoca en la utilización de agua y sal como elementos que se agregan al chocho para eliminar en gran porcentaje la cantidad de alcaloides y que conlleva una duración de 58 horas para obtener el grano desamargado.

Aplicando la metodología SLP, se diseñó una línea de producción para elaborar harina de chocho en un área específica de la planta de la Corporación Sumak Tarpuy, esta línea se destaca por tener el menor recorrido de materiales dependiendo más de los procesos que de la disponibilidad de dichos materiales ocupando menos del 50% de la superficie que posee su infraestructura.

En función a la metodología, se obtuvo una alternativa de diseño debido a que la planta ya contaba con infraestructura y en la cual se optimiza el uso de los espacios para las áreas de trabajo de las máquinas, el recorrido de materiales y de operarios y se estimó un tiempo total de 5 804 minutos (96,7 horas) para actividades de: operaciones, almacenamiento, demora e inspección y 49 m de distancia para transporte.

Luego de aplicar la metodología, se determinó que existen 36 relaciones entre las áreas involucradas para fabricar harina de chocho y 78 relaciones entre las etapas con las cuales cuenta toda la línea de producción obteniendo como resultado que existe una interacción absolutamente importante en todos los procesos que se encargan en la elaboración de la harina.

El material de la maquinaria es de acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio con acabado sanitario. La energía consumida en los procesos de enjuague, secado, molienda y tamizado de la harina de chocho es de 127,6 kWh.

Con la simulación de la línea de producción realizada en el software Flexsim se pudo evaluar el flujo y tratamiento de los materiales a lo largo de la línea, y a su vez, se logró comparar las unidades producidas mensualmente con los resultados analíticos y el tiempo que se tarda en elaborar la harina. Se obtuvo la misma cantidad de unidades al finalizar la simulación (8 quintales) y un tiempo de duración de 5 250 minutos.

Con la ayuda de la simulación, se pudo identificar las posibles mejoras que se puede hacer una vez implementada la línea de producción en la planta como el aprovechamiento de la capacidad de las máquinas, el tiempo de ocio del operario. Además, se pudo observar los factores que influyen en los procesos como el tiempo de llenado de las tinajas, la cantidad de agua que se descarga al desamargar el chocho y la cantidad de pérdida de material en las máquinas.

Por último, se identificó la maquinaria y materiales que intervienen en la elaboración de la harina de chocho en base a la demanda que impuso la empresa de producir 400 kg de harina de chocho al mes, de esta forma, se obtuvieron las capacidades requeridas para el dimensionamiento de las áreas y el análisis de los espacios con el fin de evaluar los costos de implementación para que la propuesta tenga validez en función a su viabilidad. El costo que implica la instalación de esta línea de producción es alrededor de 29 908,2 USD.

5.2. Recomendaciones

Mantener un estricto control y cumplimiento con las normativas de buenas prácticas de manufactura. Esto asegura la inocuidad tanto en el proceso de desamargado como en el producto final.

Dar usos alternativos al agua que resulta del proceso de desamargado, utilizándola como biocida o fertilizante para control de plagas en el sector agrícola, o como desparasitante en animales.

Se plantea la implementación de aspiradoras para acelerar el proceso de separación de residuos de cosecha en el área de selección, rejillas de drenaje para el área de desamargado y la instalación de un sistema de ventilación en puntos estratégicos de la planta con el objetivo de evitar el aumento de temperatura, que podría afectar tanto en las actividades como al confort de los trabajadores.

Para futuros diagnósticos, es importante considerar investigaciones más recientes sobre nuevas técnicas o métodos que puedan mejorar el proceso de desamargado. Además, es fundamental trabajar con las normativas vigentes más actuales para garantizar la relevancia y validez de los resultados obtenidos.

GLOSARIO

Alcaloide: Es un compuesto orgánico de tipo nitrogenado que producen ciertas plantas.

Biocida: Sustancia de origen natural destinada a contrarrestar organismos nocivos en plantas

Bromatológico: Estudio químico de los componentes de los alimentos.

FlexSim: Software que simula eventos discretos o de flujos continuos.

ItemToFluid: Objeto que se utiliza como interfaz entre los objetos fluidos y discretos, recibe unidades y los convierte a fluido.

Organolépticas: Propiedades o atributos presentes en los elementos que pueden ser identificados por el sistema sensorial.

Tarwi: Leguminosa también conocida como chocho, altramuz o lupinus mutabilis cultivado en los andes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALIBABA.** *Alibaba.com.* [En línea] Disponible en: https://spanish.alibaba.com/p-detail/JOIN-62280799268.html?spm=a2700.galleryofferlist.wending_right.6.25367a93BLDwX4
2. **ÁLVAREZ ARIAS, D.; et al.** Aplicación de metodología SLP para redistribución de planta en micro empresa colombiana del sector marroquino: Un estudio de caso. *Revista BILO*, 4(1).
3. **ARMIJOS, S.** Harina y bebidas de chocho generan interés en el mercado internacional. *Vistazo*. 2022. Disponible en: <https://www.vistazo.com/enfoque/harina-y-bebidas-de-chocho-generan-interes-en-el-mercado-internacional-XA3929752>
4. **CÉSPEDES GIRA, P.** Elaboración experimental de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) como complemento alimenticio para consumo humano (Trabajo de Titulación) (Licenciatura), Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Disponible en: <https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica-estudiantil/issue/view/130/105>
5. **CÉSPEDES GIRA, P.** Elaboración experimental de harina de tarwi (*Lupinus Mutabilis*) como complemento alimenticio para consumo humano periodo 2000-2019. *Revista Científica*, 24. Disponible en: https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=32541
6. **COSMOS.** *Generalidades de las tinas de acero inoxidable.* [En línea] Available at: <https://www.cosmos.com.mx/wiki/tinas-de-acero-inoxidable-bhvv.html#:~:text=Las%20tinas%20de%20acero%20inoxidable%20ofrecen%20resistencia%20a%20la%20corrosi%C3%B3n,amigables%20con%20el%20medio%20ambiente.>
7. **CZUBINSKI, J.; et al.** Composición de las semillas de *Lupinus mutabilis* y su comparación con otras especies de altramuces. *Revista de Composición y Análisis de Alimentos*, Volumen 99.
8. **DE LA FUENTE GARCÍA, D.; & FERNÁNDEZ QUESADA, I.** *Distribución en planta.* Oviedo: s.n. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=7aRzy0JjqTMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

9. **DE LA FUENTE, D.; et al.** *Organización de la producción en ingenierías*. Asturias: Ediciones de la Universidad de Oviedo. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=7aRzy0JjqTMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
10. **DISNAEMPA.** *distribuidora nacional de empaques, S.A.* [En línea] Available at: <https://disnaempa.com/producto/carretilla-de-plataforma/>
11. **ESPEJO FLORES, L. Y.** Desarrollo del Proceso Común de Desamargado de Lupinus Mutabilis (Tarwi) en Condiciones Controladas Físicas y Químicas (Trabajo de Titulación) (Licenciatura), Universidad Mayor de San Andrés. (Repositorio Institucional). <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18188/M-307.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. **ESPINOSA MENDOZA, A. E.; & VARELA ROSERO, E. F.** Rediseño y simulación de una tamizadora de granos de café para la planta de empaquetado de la asociación Río Intag (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17596/1/UPS%20-%20ST004175.pdf>
13. **FAO.** *Desarrollo de la Acuicultura (Fao Orientaciones Técnicas Para la Pesca Responsable)*. Quito: FAO. 2003.
14. **FERNÁNDEZ MEDINA, H. A.; & MUÑOZ SÁNCHEZ, J. G.** Aplicación de la técnica Systematic Layout Planing (SLP) en distribución en planta para mejorar la eficiencia y productividad de la empresa Apropesca Municipio de Silvia, Cauca (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Fundación Universitaria de Popayán. Disponible en: <https://unividadafup.edu.co/repositorio/files/original/7ea864ae8a1a89fc7164897b596c7c1a.pdf>
15. **FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E.; et al.** *Iniciación a los negocios para ingenieros Aspectos funcionales*. Primera ed. Madrid: s.n. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=n_24Nxyu-ESC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

- 16. FOETH.** *Olla industrial.* [En línea]
Available at: <https://www.foeth.com/es/tanques-mezcladores/olla-industrial/>
- 17. FREIRE DIAZ, P.; et al.** Clasificación del chocho andino (*Lupinus mutabilis*, dulce) por forma y color mediante visión artificial. 22 Marzo, 1(1), pp. 8-10.
- 18. GUTIÉRREZ, A.; et al.** Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science*, 6(1), pp. 145-149. 2016.
- 19. INBORCA.** NB-680 Harina y Derivados. En: La paz: s.n. 2016.
- 20. INDUSTRIAS CARDÍN.** *Industrias Cardín.* [En línea]
Available at: <https://inducardin.com/index.php/product/tina-quesera/>
- 21. INIAP.** *Usos alternativos del chocho.* Quito: s.n. 2018.
- 22. INMEDINOX.** *Tina industrial en acero inoxidable de alta calidad.* [En línea]
Available at: <https://www.inmedinox.com/inmedino/vp230/sp/tina-industrial-acero-inoxidable>
- 23. INOXIDABLES PERUANOS.** *Venta de equipos en acero inoxidable.* [En línea]
Available at: <https://www.inoxidablesperuanos.com/acero-inoxidable/Tinas-industriales-p429144625>
- 24. INOXIMEXICO.** *Inoxi México.* [En línea]
Available at: <https://www.inoximexico.com/categoria/83/en-disponibilidad-82/164/en-disponibilidad?page=2>
- 25. KERA SUPER FOOD.** *Kera Super Food.* [En línea]
Available at: <https://kerasuperfood.com/p/harina-de-tarwi-instantanea/>
- 26. LC PACKAGING.** *Royal Lcpackaging.* [En línea]
Available at: <https://www.lcpackaging.com/es/industries-products/product-categories/net-bags/raschel-leno/>

- 27. LEÓN VILLAVICENCIO, M. J.** Diseño de una Planta Agroindustrial para el Desamargado de Chocho *Lupinus Mutabilis*(Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Universidad Técnica del Norte. [Arte] (Repositorio Institucional).
- 28. LLERENA CARRERA, L. A.** Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Revista Científica Qualitas*, 24(24), p. 71.
- 29. MADE IN CHINA.** *Made-in-China.* [En línea] Available at: <https://vibratingscreener.en.made-in-china.com/product/KOMAtzWDESVi/China-Industrial-Automatic-450-Flour-Vibro-Rotary-Sifter-Shaker-Sieve-Machine-for-Bakery.html>
- 30. MÁRQUEZ, C.** 600 familias productoras de chochos lograron una certificación de buenas prácticas agrícolas en esta pandemia. *El Comercio.*
- 31. MASABANDA PAUCAR, N. E.** Diseño de la etapa de lavado en el proceso de desamargado del chocho (*Lupinus Mutabilis sweet*) para la reducción del tiempo del proceso y consumo de agua (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Escuela Politécnica Nacional. [Arte] (Repositorio Digital).
- 32. MECMAR.** *Secador de granos: qué es y por qué debes usarlo.* [En línea] Available at: <https://www.mecmargroup.com/es/news/secador-de-granos-que-es-y-por-que-debes-usarlo>
- 33. METTLER TOLEDO.** *Balanza de plataforma ICS689-CC60.* [En línea] Available at: <https://www.directindustry.es/prod/mettler-toledo/product-87073-1712169.html>
- 34. MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO.** *Plataforma del Estado Peruano.* [En línea] Available at: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1398/1/Producci%C3%B3n%20y%20comercio%20del%20Tarhui.pdf>
- 35. ORTIZ NARANJO, E. J.; & ZÚÑIGA VALLE, A. X.** Distribución de planta y sus factores: Incidencia en el mejoramiento de la productividad. *Revista Riemat*, 7(1).

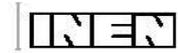
- 36. PLASTEX.** *Plastex.* [En línea]
Available at: <https://www.plastex.com.ec/productos/gaveta-plastica-c60/>
- 37. PROCONSA.** *Proconsa provedora comercial del norte, S.A. de C.V.* [En línea]
Available at: <https://proconsamexico.com/productos/medidores-de-humedad/balanza-analizadora-de-humedad/termobalanza/>
- 38. QUITIO AMANGANDI, E. D.; & SOLÓRZANO BONOSO, S. J.** Estudio bibliográfico de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación) en diferentes índices de madurez de chocho en dos variedades para determinar su eficiencia (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7007/1/PC-000975.pdf>
- 39. RÍOS ORTIZ, E. L.** *Diseño de sistemas productivos: Distribución en plantas industriales con ayudas multimedia (cartilla).* Colombia(Medellín): s.n.
- 40. ROMERO ROJAS, L.** *Colegio María Griselda Valle.* [En línea]
Available at: <https://colegiomariagriseldavalle.cl/wp-content/uploads/2020/05/IIIº-MEDIOS-GASTRONOMÍA-GUIA-DE-RAI.pdf>
- 41. SILVA SAMPEDRO, M. I.** Diseño de planta agroindustrial para la elaboración de un alimento funcional tipo cereal de desayuno a base de harina de chocho, amaranto, con trigo y avena Repositorio Institucional (Trabajo de Titulación) (Ingeniería, Universidad de las Américas. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/718/1/UDLA-EC-TIAG-2013-03.pdf>
- 42. SIMÓN MARMOLEJO, I.; et al.** La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido. *Revista Científica*, 17(1), pp. 39-49.
- 43. TERMOMED.** *TermoMed- Instrumentos de medición y control.* [En línea]
Available at: <https://www.termomed.net/termometros-de-inmersion/termometro-de-inmersion-estanco-ip65>
- 44. UBILLÚS TRINIDAD, M.** Componentes morfoagronómicos, rendimiento de grano seco y grano desamargado de variedades y ecotipos de lupinus mutabilis sweet en Marcará – Áncash (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Universidad Nacional Agraria La Molina.

Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5178/ubillus-trinidad-melanie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

45. **VÁSQUEZ ARCE, V.; et al.** Empleo de tres métodos de desamargado a través de la evaluación sensorial de harina y pan de *Lupinus mutabilis* Sweet. *Revista Agroindustrial Science*, 9(1), pp. 53-59.
46. **VIEIRA.** *Molinos de martillos.* [En línea]
Available at: <https://moinhosvieira.com.br/es/molino-de-martillos-para-que-sirve/>
47. **VILLACRÉS, E.; et al.** Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *J Sci Food Agric*, 100(5), pp. 2166-2175.
48. **VILLACRÉS, E.; et al.** *Propiedades Y Aplicaciones De Los Alcaloides Del Chocho (Lupinus Mutabilis Sweet).* Primera ed. Quito: Editorial Grafistas.
49. **VULCANOTEC.** *Secadora de granos.* [En línea]
Available at: <https://vulcanotec.com/maquinaria/secadora-de-granos/>

ANEXOS

ANEXO A: NORMA INEN 2389: LEGUMINOSAS. GRANO AMARGO DE CHOCHO



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 389 2005

**LEGUMINOSAS. GRANO AMARGO DE CHOCHO.
REQUISITOS.**

Primera Edición

PULSES. LUPIN BITTER GRAIN. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, granos, granos y cereales, chocho, requisitos.
AG 05.04-414
CDU: 633.3
CIU: 1110
ICS: 67.060

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

LEGUMINOSAS.
GRANO AMARGO DE CHOCHO.
REQUISITOS.

NTE INEN
2 389:2005
2005-09

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de chocho para su comercialización (ver nota 1).

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al grano de chocho de producción nacional e importada.

2.2 No se aplica al grano de chocho destinado a la reproducción o siembra.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Chocho*. Conjunto de granos pertenecientes a la familia de las leguminosas, procedente de la especie *Lupinus mutabilis* Sweet.

3.1.2 *Grano amargo*. Grano de chocho que contiene del 1%-4% de alcaloides.

3.1.3 *Grano entero*. Grano de chocho cuya parte constitutiva está completa.

3.1.4 *Grano quebrado o partido*. Grano de chocho que se presenta dividido y separado a causa de golpes o accidentes durante su proceso de manipulación.

3.1.5 *Grano imperfecto*. Grano de chocho inmaduro o manchado, decolorado, cualquiera que sea su tamaño, sin testa o cubierta y de cotiledones de color verde (ver nota 2).

3.1.6 *Grano dañado*. Grano entero o partido que ha sufrido deterioro, debido a la acción de los hongos, humedad, insectos, calor, germinación y otras causas.

3.1.6.1 *Grano dañado por hongos*. Grano entero o partido que ha sido alterado en su apariencia debido a la acción de hongos, los que ocasionan al grano síntomas de ennegrecimiento, presencia de micelios y olor a moho.

3.1.6.2 *Granos dañados por el calor*. Granos enteros o partidos que por autocalentamiento y excesiva humedad en el almacenamiento presentan alteraciones en sus características físicas.

3.1.6.3 *Granos dañados por insectos*. Granos enteros o partidos que han sufrido deterioro en su estructura debido a la acción de insectos.

3.1.7 *Granos desnudos y/o pelados*. Comprende todo grano de chocho desprovisto total o parcialmente de su cáscara (cutícula) por efectos de la trilla y la manipulación.

3.1.8 *Grano de chocho infestado*. Grano o pedazo de grano de chocho que se encuentra invadido por insectos dañinos o que presenten residuos de infestación tales como: filamentos, huevos o larvas.

NOTA 1: Esta norma se refiere solamente a los requisitos del grano de chocho en su etapa de comercialización, por cuanto para consumo humano debe previamente someterse a un proceso de lavado o desamargado.

NOTA 2: Perceptible antes y después de la hidratación.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, granos, granos y cereales, chocho, requisitos.

3.1.9 Grano de chocho infectado. Grano o pedazo de grano de chocho con presencia de microorganismos vivos como hongos, bacterias y virus.

3.1.10 Grano de chocho limpio. Aquel que contiene hasta el 2 % de impurezas

3.1.11 Grano de chocho seco. Aquel cuyo contenido de humedad no sea mayor al 12%.

3.1.12 Pureza varietal. Aquella que determina el contenido de la variedad especificada en el lote al 95%.

3.1.13 Grado muestra. Es aquel grano que no cumple los porcentajes de ninguna de las categorías de calidad establecidas en las tablas 1 y 2, y se considera como rechazo.

3.1.14 Impurezas. Todo material diferente a chocho como: los residuos de materia vegetal, animal o mineral.

3.1.15 Olores objetables. Todos aquellos olores diferentes al característico del grano de chocho y que pueden ser causados por deterioro físico, químico o biológico.

3.1.16 Color secundario. Pigmentación de origen genético diferente a la predominante en el grano.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El grano de chocho de acuerdo al porcentaje que queda retenido en los tamices 8, 7 y 6 (NTE INEN 1 515) se clasifica en los siguientes tipos:

4.1.1 Grano de chocho de primera. Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos por una criba o zaranda de 8,0 mm de diámetro.

4.1.2 Grano de chocho de segunda. Es aquel formado por granos de color uniforme que pasan la criba de 8,0 mm y que son retenidos por la criba de 7,0 mm de diámetro.

4.1.3 Grano de chocho de tercera. Es aquel formado por granos de color uniforme que pasan por la criba de 7,0 mm y son retenidos por la criba de 6,0 mm de diámetro.

4.1.4 Grano de chocho de cuarta. Es aquel formado por granos de color uniforme que pasan por la criba de 6,0 mm de diámetro.

4.2 Los tipos de granos anotados en 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 y 4.1.4 se clasifican en grados de acuerdo a los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2 de esta norma.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Designación

5.1.1 El grano de chocho amargo para la comercialización se designa por su nombre y tipo, seguido de la norma de referencia.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 El grano de chocho amargo debe cumplir los requisitos indicados en las tablas 1 y 2 con base en producto seco y limpio.

(Continúa)

TABLA 1: Requisitos de calidad del grano de chocho amargo

Requisitos	Unidad	Valor	Método de ensayo	
Granos partidos	%	2,0	Numeral 8.2.1.8	
Impurezas	%	2,0	Numeral 8.2.1.7, literal a.1)	
Color secundario	%	3,0	Numeral 8.3.2	
Granos de cotiledones verdes	%	2,0	Numeral 8.2.1.9	
Granos dañados, máx.	Por calor	%	2,5	Numeral 8.2.1.9
	Por hongos	%	0,5	Numeral 8.2.1.9
	Total	%	3,0	Numeral 8.2.1.9

TABLA 2: Requisitos físicos y químicos del grano de chocho amargo

Requisitos	Unidad	Valor	Método de ensayo
Humedad	%	11 – 12	INEN 1 235
Proteína	%	35 – 48	AOAC 955.04
Grasa	%	15 – 24	AOAC 920.85
Fibra	%	6 – 20	AOAC 962.09
Cenizas	%	3,6 – 6,0	AOAC 942.05
ELN (*)	%	18,75	Por diferencia
Peso de mil granos, mín.	g	250	NTC ICONTEC 543
Peso hectolítrico, mín.	kg/hl	67	NTC ICONTEC 852
Capacidad de hidratación, mín.	%	95	Numeral 8.4

(*) ELN. = Extracto Libre de Nitrógeno.

6.1.2 El olor debe ser característico del grano de chocho y no se aceptarán granos que contengan cualquier olor extraño u objetable.

6.1.3 La pureza varietal debe ser como mínimo del 95%.

6.1.4 Las variedades del grano de chocho, deben estar exentas de residuos o sustancias tóxicas.

6.1.5 No se aceptará en ningún caso granos que estén infectados o infestados. El grano de chocho infestado por insectos causantes de daños primarios y secundarios, se determina ocularmente y los niveles de infestación se fijan de acuerdo con lo establecido en la tabla 3.

6.1.6 La clasificación de insectos dañinos y ácaros será determinada de acuerdo a la NTE INEN 1 465.

TABLA 3: Niveles de infestación

Niveles de infestación	Número de insectos vivos en 1 000 g de chocho		Número total de insectos permitidos (Primarios, Secundarios)	Método de ensayo
	Primarios	Secundarios		
Libre	0	0	0	NTE INEN 1 465
Ligeramente infestado	1 a 2	4	4	
Infestado	mayor de 2	mayor de 4	mayor de 4	

6.1.7 Hasta que se expidan las NTE INEN correspondientes para los residuos de plaguicidas y productos afines en alimentos, se adoptarán las recomendaciones del CODEX ALIMENTARIUS.

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 La temperatura del grano de chocho durante su almacenamiento no debe exceder de la temperatura ambiente.

(Continúa)

6.2.2 El grano de chocho para la comercialización destinada al procesamiento debe presentar color predominante blanco y/o crema.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a la NTE INEN 1 233.

7.2 Aceptación y rechazo

7.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se rechaza el lote.

7.2.2 Por discrepancia se vuelven a efectuar los ensayos con muestra testigo.

7.2.2.1 Si no cumple se rechaza el lote.

7.2.2.2 Si el incumplimiento no afecta la salud y la vida de las personas o animales, podría considerarse como Grado Muestra.

7.2.3 En caso de mezclas entre variedades pertinentes a diferentes grados, el grano de chocho se considera no clasificado y será considerado como Grado Muestra.

7.2.4 Si la muestra ensayada se encuentra en nivel de ligeramente infestada a infestada, (ver tabla 3), se rechaza el lote.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 Equipos

8.1.1 Balanza analítica sensible al 1,0 g.

8.1.2 Cribas metálicas o zarandas (ver NTE INEN 1 515)

8.1.3 Divisor de muestras.

8.1.4 Termómetro sonda.

8.2 Preparación de la muestra para análisis

8.2.1 De la muestra global (ver NTE INEN 1 233) separar, mediante el divisor de muestras o por cuarteo manual, una porción representativa de aproximadamente 1 000 g de granos de chocho y, de inmediato se procederá a realizar los siguientes ensayos:

8.2.1.1 Análisis preliminar

a) Este análisis consiste en realizar el reconocimiento general del grano con la vista, el tacto y el olfato sobre la apariencia general del grano, olor, infestación, impurezas y humedad.

8.2.1.2 Determinación de la temperatura

a) La temperatura se determina inicialmente por inspección manual; en caso de encontrarse evidencia de calentamiento, se procede a determinar la temperatura por medio de un termómetro sonda, haciendo varias lecturas del conjunto y registrando el promedio de las temperaturas encontradas.

(Continúa)

8.2.1.3 Determinación del olor

- a) Se determinará en forma organoléptica.

8.2.1.4 Determinación del nivel de infestación

- a) Pesar 1 000 g de la muestra global de chocho. Tamizar manualmente con la criba de aberturas triangulares de 1,98 mm y bandeja de fondo.
- b) Luego de tamizada la muestra, se clasifican los insectos cribados, más lo que permanezca sobre el tamiz.
- c) El nivel de infestación por insectos en la muestra de chocho se expresa como número de insectos vivos por kilogramo de la muestra, de acuerdo como se indica en la tabla 3.

8.2.1.5 Determinación de la humedad

- a) Se efectuará de acuerdo con la NTE INEN 1 235.

8.2.1.6 Determinación del grano infectado

- a) Se realizará por medio de la lámpara de luz ultravioleta o de acuerdo con la NTE INEN 1 563.

8.2.1.7 Determinación del puntaje

- a) De la muestra global se toma una porción cuarteada de aproximadamente 500 g de chocho y se coloca sobre el juego de cribas con perforaciones circulares de 8,0 mm; 7,0 mm y 6,0 mm de diámetro y bandeja de fondo, se somete a cribado en zaranda eléctrica o su equivalente a 68 vaivenes por minuto, durante un minuto. Luego se determina el porcentaje de chocho limpio, retenido en cada una de las cribas de 8,0 mm; 7,0 mm y 6,0 mm, separar manualmente las impurezas que permanezcan sobre cada una de las cribas y colocarlas en la bandeja de fondo.

a.1) Determinación de impurezas

El material que permanezca en la bandeja de fondo, obtenido según a), más las impurezas retenidas manualmente en las cribas usadas, se pesan y se determina el porcentaje total en peso, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$I = \frac{p_1 - p_2}{p_1} \times 100$$

En donde:

- I = contenido de impurezas, en porcentaje de peso
 p₁ = peso de la muestra original en g.
 p₂ = peso de la muestra limpia en g.

8.2.1.8 Determinación de los granos partidos o quebrados

- a) De la muestra limpia tomar, por cuarteo manual o mecánico, una porción de aproximadamente 300 g del grano de chocho, colocar sobre una criba de perforaciones triangulares de 1,98 mm de diámetro; luego de puesta la bandeja de fondo y la tapa correspondiente, se somete a cribado eléctrico o manual de 68 vaivenes por minuto, durante un minuto. Luego determinar por pesada el porcentaje en peso de los granos partidos o quebrados.

(Continúa)

8.2.1.9 Determinación de los granos imperfectos y dañados

- a) De la muestra limpia se extrae por cuarteo manual o mecánico una porción de aproximadamente 25 g del grano de chocho, separando manualmente del mismo, todos los granos de chocho enteros o partidos que hayan sufrido deterioro por la acción de insectos o agentes patógenos, que estén mohosos, germinados, dañados por el calor, inmaduros (cotiledones verdes), o cualquier otra causa. Posteriormente se establecerán los porcentajes correspondientes en base al peso de cada muestra.

8.2.1.10 Determinación del tipo del grano

- a) El tipo del grano queda determinado de acuerdo al numeral 8.2.1.7 Determinación del puntaje.

8.3 Determinación del color predominante y secundario del grano

- 8.3.1 Color predominante del grano (CPG).** Dato que se detecta por observación simple, de acuerdo a la escala dada en la tabla 4.

TABLA 4: Color predominante del grano

Color	Valoración
Blanco	1
Crema	2
Amarillo	3
Café claro	4
Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

- 8.3.2 Color secundario del grano (CSG).** Se sigue el mismo procedimiento del descriptor anterior, datos que se fijan de acuerdo con lo establecido en la tabla 5.

TABLA 5: Color secundario del grano

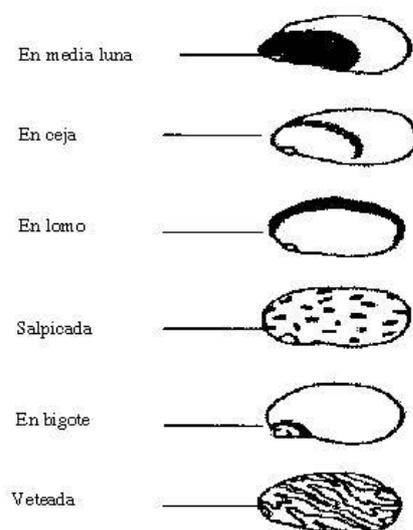
Color	Valoración
Ausente	0
Blanco	1
Amarillo	2
Crema	3
Café claro	4
Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

- 8.3.3 Distribución del color secundario del grano (DCSG).** De acuerdo con los valores indicados en la tabla 6 y en la figura 1.

(Continúa)

TABLA 6: Distribución del color secundario del grano

Color	Valoración
Ausente	0
Media luna	1
En ceja	2
En lomo	3
Salpicada	4
En bigote	5
Veteada	6
En media luna veteada	7
En ceja veteada	8
Manchada	9
En lomo manchada	10

FIGURA 1: Distribución del color secundario del grano**8.4 Determinación de la capacidad de hidratación****8.4.1 Procedimiento**

- 8.4.1.1** Contar un número determinado de granos secos (100), y colocarlos en un erlenmeyer.
- 8.4.1.2** Añadir 350 cm³ de agua desmineralizada y tapar el erlenmeyer (temperatura ambiente).
- 8.4.1.3** Dejar a temperatura ambiente por el tiempo de 16 horas.
- 8.4.1.4** Al cabo de este tiempo contar los granos hidratados.

(Continúa)

8.4.2 Cálculos. Los resultados se expresan en %

$$G = Y/Z \times 100$$

En donde:

G = % de granos hidratados.

Y = # de granos hidratados.

Z = # de granos totales.

9. ENVASADO

9.1 El grano de chocho amargo podrá ser comercializado a granel o envasado en sacos limpios, de material apropiado y que permita su muestreo e inspección sin que la perforación ocasione pérdidas del producto.

10. ROTULADO

10.2 Los envases y las guías de despacho al granel deben llevar rótulos con caracteres legibles e indelebles, redactados en español o en otro idioma, si las necesidades de comercialización así lo dispusieran, en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, con la información siguiente:

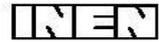
10.2.1 Nombre o marca del productor o vendedor.

10.2.2 Designación

10.2.3 Masa (peso) neta en kilogramos.

10.2.4 Fecha de caducidad (expiración) = 1 año.

(Continúa)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 390:2004

**LEGUMINOSAS. GRANO DESAMARGADO DE CHOCHO.
REQUISITOS.**

Primera Edición

PULSES. LUPIN UNBITTER GRAIN. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, granos, granos y cereales, chocho, requisitos.
AG 05.04-415
CDU: 6333
CIU: 1110
ICS: 67.060

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

LEGUMINOSAS.
GRANO DESAMARGADO DE CHOCHO.
REQUISITOS.

NTE INEN
2 390:2004
2005-09

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Cuito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de chocho desamargado para consumo humano.

2. DEFINICIONES

2.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2 389 y, las que a continuación se detallan:

2.1.1 *Grano desamargado.* Producto comestible limpio húmedo, que ha sido sometido a un proceso de desamargamiento (térmico-hídrico), de color predominantemente blanco-crema, sabor y olor característico, libre de olores extraños y del sabor amargo.

2.1.2 *Grano imperfecto.* Grano de chocho no hidratado, manchado interna o externamente, decolorado, delgado o desnudo y todo pedazo de grano de chocho, cualquiera que sea su tamaño.

2.1.3 *Grano dañado.* Grano que ha sufrido deterioro, debido a la acción de microorganismos y otras causas.

2.1.3.1 *Grano dañado por microorganismos.* Grano que ha sido alterado en sus características organolépticas debido a la acción de microorganismos dañinos.

2.1.3.2 *Granos desnudos y/o pelados.* Comprende todo grano de chocho desprovisto total o parcialmente de su cáscara (testa o cubierta).

2.1.4 *Olores objetables.* Todos aquellos olores diferentes del característico del grano de chocho desamargado.

2.1.5 *Chocho infectado.* Grano con presencia parcial o total de microorganismos vivos como hongos, bacterias y levaduras.

2.1.6 *Chocho limpio.* Aquel que no contiene impurezas.

2.1.7 *Grado muestra.* Es el grano de chocho que no cumple con los requisitos de calidad establecidos en esta norma.

3 CLASIFICACIÓN

3.1 El grano de chocho de acuerdo al porcentaje que queda retenido en los tamices de 9 mm (28/64 plg.), 8 mm (26/64 plg.) y 7 mm (25/64 plg.) (NTE INEN 1 515) se clasifica en los siguientes tipos:

3.1.1 *Grano de chocho tipo I.* Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos en una criba o zaranda de 9,0 mm de diámetro.

3.1.2 *Grano de chocho tipo II.* Es aquel formado por granos de color uniforme, que pasan la criba de 9,0 mm y quedan retenidos sobre la criba de 7,0 mm.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, granos, granos y cereales, chocho, requisitos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Designación

4.1.1 El grano de chocho desamargado para el consumo humano se designa por su nombre y tipo seguido de la norma de referencia.

Ejemplo: Grano de chocho desamargado Tipo I. NTE INEN 2 390.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El grano de chocho desamargado para el consumo humano debe cumplir los requisitos indicados en las tablas 1, 2 y 3.

TABLA 1: Composición química proximal del chocho desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	%	72 – 75	INEN 1 235
Materia Seca	%	28 – 25	INEN 1 235
Proteína	%	50 – 52	AOAC 955.04
Grasa	%	19 – 24	AOAC 920.85
Fibra	%	7 – 9	AOAC 962.09
Cenizas	%	1,9 – 3,0	AOAC 942.05
ELN. (ver nota 1)	%	12,0 – 22,0	Por diferencia
Energía	cal/g	5 369 – 6 476	Aplicación de la Ecuación 1
Alcaloides	%	0,02 - 0,07	Von Baer, D. y colaboradores. 1979 (ver nota 2)

Nota 1: ELN. = Extracto Libre de Nitrógeno = 100 – [fibra + proteína + grasa + cenizas].

Nota 2: Método modificado por Vera, C., Escuela Politécnica Nacional, 1982, Quito.

TABLA 2: Análisis microbiológico del chocho desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR	METODO DE ENSAYO
Recuento aerobios totales	UFC/g	$18 \times 10^2 - 1 \times 10^9$	NTE INEN 1 529-5
Recuento coliformes totales	NMP/g	$10 - 10^2$	NTE INEN 1 529-7
Recuento de hongos y levaduras	UFC/cm ³	$0 - 5 \times 10^2$	NTE INEN 1 529-10
Escherichia coli		Ausencia	NTE INEN 1 529-8
Tipificación <i>E. Coli</i> 0157 HT		Ausencia	NTE INEN 1 529-8

UFC = Unidades Formadoras de Colonias.
NMP = Número Más Probable.

TABLA 3: Análisis físico del chocho desamargado

REQUISITOS	UNIDAD	VALOR
Chocho dañado (clima), máx.	%	0,2
Chocho dañado (insectos), máx.	%	0,2
Con alteración de color, máx.	%	0,2
Material vegetal extraño, máx.	%	0,05
Material mineral, máx.	%	0,001

5.1.2 El grano de chocho desamargado para el consumo humano debe estar libre de contaminantes químicos.

(Continúa)

5.1.3 El color, sabor, olor del grano de chocho desamargado para el consumo humano se determina por evaluación sensorial, de acuerdo con las especificaciones de calidad del producto, establecidas en la tabla 4:

TABLA 4: Especificaciones de calidad del producto desamargado mediante el proceso térmico-hídrico

Descripción	Producto comestible limpio húmedo
Presentación	Natural, uniforme, color blanco-crema preferentemente
Olor	Característico, libre de olores extraños
Sabor	Característico del chocho, libre del sabor amargo

5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 La temperatura ambiente en el área de pesado, empaçado y sellado no debe pasar de los 17°C.

5.2.2 Comercialización

5.2.2.1 Selección. El grano de chocho desamargado debe ser seleccionado antes del empaçado; en esta etapa se elimina granos de mala calidad. El grano debe presentar un color blanco-crema preferentemente, uniforme, sabor y olor característicos. El grano de color azulado y/o verde, al igual que otros defectos detectables visualmente en estado húmedo, debe ser separado y desechado.

5.2.2.2 Pesada. La pesada debe realizarse en forma aséptica, para evitar que el grano se contamine.

5.2.3 Disposiciones sobre la presentación

5.2.3.1 El contenido de cada envase debe ser homogéneo y estar constituido únicamente por granos de chocho desamargado del mismo origen genético, calidad y tipo.

5.2.4 Almacenamiento. Para prolongar la vida útil del producto al granel o en bolsas de plástico, el grano se debe mantener en refrigeración. También se puede congelarlo, en este caso se produce una ligera modificación de la textura a partir de los seis meses de almacenamiento.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a la NTE INEN 1 233.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se considera no apta para el consumo humano y se rechaza el lote.

6.2.2 En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos.

6.2.2.1 Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

6.3 La inspección del grano desamargado de chocho para consumo humano debe ser efectuado por la autoridad competente, quien elaborará su informe basado en las normas establecidas en nuestro país o país de origen.

(Continúa)

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Cálculo de la energía. Se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$E = [(grasa \times 0,0972) + (proteína \times 0,0539) + (fibra \times 0,0458) + (ELN \times 0,0422)] \times 1\ 000 \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde:

E = energía, cal/g.

7.1.1 Los resultados obtenidos son similares a los realizados con la bomba calorimétrica.

7.2 Determinación de alcaloides

7.2.1 *Determinación cuantitativa de alcaloides* [Bon Vaer D. y colaboradores, 1979 (Método modificado por la Escuela Politécnica Nacional, por Vera, C. Julio, 1982, Quito)]

7.2.1.1 Procedimiento

- a) Pesar 0,2 g de muestra de chocho previamente molida y homogenizada en un mortero.
- b) Agregar 0,6 g de Oxido de Aluminio Básico, mezclar bien hasta formar un polvo impalpable.
- c) Añadir 0,2 ml de KOH al 15%, mezclar bien hasta formar una pasta homogénea.
- d) Transferir a tubos de centrifuga y agregar 6 ml de cloroformo p.a. Mezclar con una varilla y centrifugar por 2 minutos (entre 1 500 y 3 000 rpm).
- e) Recibir la fase clorofórmica en vasos perfectamente limpios provistos de embudos con algodón en la base del cono, repetir las extracciones por lo menos 10 veces, hasta que 1 ml del último extracto evaporado a sequedad en un vaso de 50 ml, suspendido en 4 ó 5 gotas de ácido sulfúrico 0,01N presente reacción negativa con 3 ó 4 gotas del reactivo de Dragendorf.
- f) Se lava el embudo por dentro y por fuera con aproximadamente 15 ml de cloroformo.
- g) Se recogen todos los lavados en el vaso de los extractos, evaporar con calor suave sin llegar a sequedad, dejando en la etapa final 1 ml, que desaparecerá rápidamente al enfriar en un recipiente con agua fría.
- h) Se agrega 5 ml de ácido sulfúrico 0,01N, dos gotas de rojo de metilo y se titula el exceso de ácido con NaOH 0,01N.
- i) El contenido de alcaloides se reporta como lupanina.

7.2.1.2 Cálculos

1 ml de H₂SO₄ 0,01N equivale a 2,48 mg de lupanina.

$$\% \text{ alcaloides} = \frac{V \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ gastado} \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times 24,8 \times \text{factor de corrección}}{\text{Masa de la muestra}} \quad (\text{Ec. 2})$$

8. ENVASADO

8.1 Los granos de chocho desamargados deben envasarse de tal manera que se proteja adecuadamente el producto.

8.2 El material empleado dentro de los envases debe ser nuevo, limpio y de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto.

8.3 Los envases deben satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia para asegurar una manipulación, transporte y conservación adecuados de los granos de chocho desamargado. Los envases deben estar exentos de cualquier materia u olor extraños.

8.4 El empacado se debe realizar en condiciones asépticas.

(Continúa)

9. ROTULADO

9.1 Si el producto no es visible para el consumidor, el contenido de cada envase debe llevar una etiqueta con el nombre del alimento, pudiendo constar también el nombre de la variedad.

9.2 Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, que lleven las especificaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxicos.

9.3 Se verificará el sellado y etiquetado correcto de los empaques. En la etiqueta debe constar la fecha de elaboración, caducidad, peso neto e información nutricional del grano.

9.4 Fecha de caducidad (expiración):

- En funda de polietileno y en condiciones ambientales: 2 días
- En funda de polietileno y en refrigeración: 10 días
- En funda de polietileno y en congelación: 180 días

(Continúa)

ANEXO C: COTIZACIÓN DE LA MAQUINARIA



Industrias Cardín
Equipos para proceso de alimentos

NIT. 800042141-2 Régimen Común
WEB. www.inducardin.com
Telf. 2632535 - 2631322 Cel. 315 3338510
Calle 49 A No. 68 B 17. Dos cuadras atrás del Tiempo AV. 26
Bogotá D.C. Colombia

Fabricantes directos

EQUIPOS DE CALIDAD PARA PROCESO DE ALIMENTOS EN ACERO INOXIDABLE

FRUVER
LACTEOS
INDUSTRIA
HELADERIA

Despulpadoras de frutas, mesas, estantería Marmitas, Tanques, Tina quesera, Mesas desuado, deshidratadoras, Envasadoras, Mesas. Lava platos, lava manos lava botas, Plantas para paletas, moldes, máquinas para helados. Banco de hielo, Tanques refrigerados

Razón social: Jacqueline Romero		COTIZACIÓN No. 0306032024				
NIT/CC:		CELULAR: +593 997367165	FECHA	6	3	2024
DIRECCION		TELEFONO:	CIUDAD: Riobamba-Ecuador			
CONTACTO:		CORREO:				
ITEM	IMAGEN	DESCRIPCION	CANT	VALOR UNIDAD	IVA 19%	VALOR TOTAL
1		<p>TINA 1600 LITROS Construida en acero inoxidable tipo 304 en acabado sanitario rectangular, en lamina calibre CALIBRE 12,14,18 CON RECAMARA, pulimiento al grano 120. Con acople para válvula de salida de 1 1/2". Sistema de calentamiento a gas propano o gas natural por medio de flautas, Base de soporte en tubo de acero de 1 1/2" Dimensiones internas: Largo 160 cm, Ancho 100 cm, Fondo 100 cm.</p>	1	\$ 19.000.000	\$ 3.610.000	\$ 22.610.000
2		<p>MESA AUXILIAR Mesa para escurrir la cuajada, todo tipo de quesos duros, semi duros o blandos. DESCRIPCION construida totalmente en acero inoxidable tipo 304 alimenticio, acabado sanitarios, con Borde de 5cm de alto, lamina Calibre 18, con desnivel en V con orificio de 1" y riple 1" de 10 Cm largo. Patas en tubo redondo de 2" calibre 18, refuerzo en H en las patas para de 1" en el mismo tubo. Dimensiones: 1.40 m de largo x 0.60 m de ancho x 0.85 m alto</p>	1	\$ 1.800.000	\$ 342.000	\$ 2.142.000
3		<p>MOLINO DE MARTILLO El molino de martillos contiene una serie de discos ,montados sobre un eje horizontal, que lleva en su periferia una serie de pequeños martillos, los cuales tienen libertad para oscilar en torno a un eje.La parte superior de la caja tiene una tolva de alimentación y la placa de ruptura. El material que se quiere procesar se desliza lentamente sobre dicha placa, donde es golpeada por los martillos en rápido movimiento giratorio, y queda finamente fragmentada. La capacidad de un molino de martillos es muy grande, Trabajo pesado en trituración y molienda de granos, maíz, trigo y toda clase de cereales, semillas oleaginosas, condimentos y especias. DESCRIPCION Construido en acero inoxidable, con motor de 2,0 hp 110 o 220 voltios. Con 24 martillos de 1" x 3/16 en acero, con 3 mallas especiales para pulverizar granos secos, hojas, etc. Cuerpo y estructura totalmente en acero inoxidable e interruptor. CAPACIDAD: 100 kg/h molienda.</p>	1	\$ 5.980.000	\$ 1.136.200	\$ 7.116.200
					Total:	\$ 31.868.200
CONDICIONES COMERCIALES:						
Garantía:		Un año por defectos de fabricación				
Tiempo de entrega:		30 días para la fabricación o inmediata según disponibilidad.				
Transporte:		Asumido por el comprador				
Forma de pago:		60% orden de compra, 40% contra entrega				
Validez de la oferta:		15 días				
Consignación.		Ing. Yeraldin Cardozo P INDUSTRIAS CARDIN				
Banco:		BANCOLOMBIA		BANCO DE BOGOTA		
Cuenta:		Ahorros 29900001492		Corriente 046037313		
A nombre de:		INDUSTRIAS CARDIN		INDUSTRIAS CARDIN		
NIT:		800042141-2		800042141-2		

NOTA: Antes de realizar pagos, confirmar pedido por correo o teléfono.

Vulcano Tecnología Aplicada EIRL
RUC: 20120302745
Av. Coronel parra 107 Pilcomayo
Huancayo Junin
PERÚ.

Perú 07 de marzo del 2024

Cotización : 18.1 -.24
Teléfono : +0997367165
e-mail : jacqueline.romero579@gmail.com
País de Destino : Loja - Ecuador

Estimado Sra. Jessica Jacqueline Romero Erreyes.

Nos complace enormemente su interés en nuestra maquinaria, a continuación, encontrará información detallada de la maquinaria involucrada en el proceso requerido, nos concierne atender cualquier consulta adicional , proporcionarle detalles que puedan ser de su interés.

No dude en ponerse en contacto con Vulcanotec estamos comprometidos a brindarle la mejor asesoría y apoyo en su búsqueda por alcanzar sus objetivos de producción

Saludos,

Lide Acuña Munive

VULCANO^{TEC}

Telf. +51.954.015381

www.vulcanotec.com

SEDE CENTRAL:
Av. Brígida Silva 384
San Miguel - Lima
+51.1.5661001

info@vulcanotec.com
www.vulcanotec.com

PLANTA:
Av. Coronel Parra 107
Pilcomayo - Huancayo
+51.64.261224

Secadora De Lecho Horizontal SLH 2-6 I/C



Aplicación

Máquina diseñada para el secado de cereales, granos de cacao, semillas entre otros.

Capacidad	400 kg. /batch
Tiempo de secado	Depende del grado de humedad.
Dimensiones ext. referenciales	Ancho: 2000 mm Largo: 8000mm. Alto: 900 mm Cámara : Ancho 2000 mm. Largo: 6000 mm. con criba
Peso aprox.	400 kg.
Cámara	Fuente donde reposa el producto con sistema de criba
Tablero de control de mando incluido	Control automático de Marcha-Parada, controla el suministro de gas. Muestra temperatura actual y requerida. Indica el funcionamiento/proceso por señalización luminosa.
Fuente de calor	(2) Cabinas con intercambiadores de calor tipo serpentín (2) Quemadores automáticos americanos de 300,00 BTU. (2) Motor ventilador de 2000 watt monofásicos, para inyección de aire caliente a la cámara.
Material	Acero inoxidable calidad AISI 304 de contacto con el producto Acero al carbono en intercambiador de calor
Cámara	Posición horizontal fija, sistema abierto con criba de base y liberación de vapor abierta, puertas de laterales para descarga del producto.
Estructura de soporte	Consolida toda la cámara, de fácil limpieza y mantenimiento.
PRECIO FCA: US. \$17,950.00 DÓLARES	

SEDE CENTRAL:
Av. Brígida Silva 384
San Miguel - Lima
+51.1.5661001

info@vulcanotec.com
www.vulcanotec.com

PLANTA:
Av. Coronel Parra 107
Pilcomayo - Huancayo
+51.64.261224

Condiciones Comerciales

Forma de Pago	Transferencia vía banco 50% de anticipo con orden. Cancelación al aviso de equipo listo, previo a la exportación. Transferencia: modalidad OUR (El Importador deberá asumir la comisiones que cobra el banco)
Inco term 2022	FCA - Peru
Tiempo de fabricación	30 días hábiles luego de la orden de compra y el abono del anticipo
Lugar de entrega	Aduanas – Lima – Perú O envío al destino que el importador ordene. Gastos de exportación a cargo del importador
Puesta en funcionamiento	La puesta en funcionamiento se realiza por personal técnico de la empresa compradora previa coordinación vía teléfono, correo electrónico, WhatsApp, zoom , video llamada etc. Si la empresa compradora requiere necesario del técnico de Vulcano, esta asumirá los gastos de viáticos (pasajes, hospedaje y alimentación) y el pago de \$500.00 dólares a razón de 02 días y días adicionales \$. 250.00 Dólares por cada día adicional.
Validez de la propuesta	20 días.

¡Vulcano...manteniendo a nuestros clientes como líderes!

SEDE CENTRAL:
Av. Brígida Silva 384
San Miguel - Lima
+51.1.5661001

info@vulcanotec.com
www.vulcanotec.com

PLANTA:
Av. Coronel Parra 107
Pilcomayo - Huancayo
+51.64.261224



河南谦达机电设备有限公司
HENAN CHANDA MACHINERY CO., LTD

PROFORMA INVOICE

Date: Mar 7th, 2024

Invoice No.: PI20240307ZJW001

Seller: Henan Chanda Machinery Co.,Ltd

Address: NO.903, Juzhengxiandaicheng, Joint Center of Guijiang Road and Baiyunshan Road,
Luohe, Henan, CN

Tel: +86-17335693360

Fax: +86-395-3386258

Buyer: Romero Erreyes Jacqueline Jessica

Tel.: +593 99 736 7165

Address:

From: China

To: Ecuador

Delivery Terms: CIF to GUAYAQUIL

Payment Terms: T/T, Alibaba trade assurance order

Package: Export Standard Case

No.	ITEM	Specification	Quantity (SET)	Unit price (USD)	Amount (USD)
1	DY-450 Flour Vibro Rotary	Mesh size: 0-300	1	900	900
2	Freight Cost	The cost for CIF shipping is . This cost excludes customs clearance, duties and destination port fees.	1	300	300
Total CIF Cost			1200		

BANK INFORMATION

Beneficiary Name: Henan Chanda Machinery Co.,Ltd

Beneficiary account number: 393915176

Country/ Region: HongKong

Swift Code: CITIHKHX or CITIHKHXXX

Beneficiary Address: Unit 06, 12/F., Emperor Group Centre, 288 Hennessy Road, Wan Chai, Hong Kong

Beneficiary Bank: CITIBANK, N.A., HONG KONG BRANCH



<https://chandamachine.en.alibaba.com>
Tel:86-0395-3386258 Fax:86-0395-3386258



河南谦达机电设备有限公司
HENAN CHANDA MACHINERY CO., LTD

Beneficiary Bank Address: CHAMPION TOWER, THREE GARDEN ROAD, CENTRAL, HONG KONG

Bank Code: 006

Branch Code: 391



Basic info.

Model NO.	DY-450	Shaft Number	Single
Running Track	Circular Vibrating Screen	Supporting Device	Plate Spring
Warranty	1 Year	Customized	Customized
Condition	New	After-sales Service	Online Video
Power	0.18kw	Weight	50kg
Voltage	380V / as Your Required	Volume(mm)	500*500*660mm
Diameter(mm)	380mm	Material	Stainless Steel 304
Diameter	450mm	Mesh Size	5-350mesh
Noise	Low Noise	Transport Package	Standard Export Wooden Case Package
Specification	450mm diameter	Trademark	DY
Origin	China	HS Code	8474100000
Production Capacity	100 Sets/Month		

<https://chandamachine.en.alibaba.com>
Tel:86-0395-3386258 Fax:86-0395-3386258

Juan Pablo Pillajo García
1723741664001
Regimen RIMPE negocio popular
Pifo, E-35 y Río Amazonas

AYNI[®]
GREEN

COTIZACIÓN

Cliente: Corp. SUMAK TARPUY
Contacto: Jessica Romero
Ruc/C.I: 0011103224232
Teléfono: 0997367165

Fecha: 8 de marzo de 2024
Dirección: Av. Milton Reyes y 11 de noviembre
Correo: jacqueline.romero579@gmail.com

CANTIDAD (U)	DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tanque de hidratación de 600 L en acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio acabado sanitario (0.8x0.75x1)m	600	600
2	Tanque de hidratación de 3150 L en acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio acabado sanitario (2.1x1.5x1)m	2000	4000
1	Tanque de hidratación de 3000 L en acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio acabado sanitario (2x1.5x1.1)m	1200	1200
	SUBTOTAL		5800
	IVA 0%		
	TOTAL		5800

Todos los materiales y componentes se construyen en acero inoxidable 304 de grado alimenticio, ensamblados con método de soldadura sanitaria con protección de gas Tig.

Validez de la oferta 30 días, tiempo de entrega a definir con calendario.

- El precio no incluye transporte e instalación.
- Esta oferta no incluye costos de mantenimiento posteriores.
- 2 años de garantía en trabajos de soldadura de acero inoxidable.

Responsable:

Ing. Juan Pablo Pillajo G.
CEO Director administrativo
juanpablo_ing.al@hotmail.com
0995406166



Proveedora Comercial del Norte SA de CV
15ava Avenida #924 local 1, Colonia Cumbres 2do sector
CP 64610, Monterrey, Nuevo Leon
RFC: PCN931104351

COTIZACIÓN

PCN 101775

NOMBRE JAQUELINE ROMERO
EMPRESA _____
EMAIL jaqueline.romero579@gmail.com
3

FECHA 01/04/2024
TELEFONO _____
CONDICION DE PAGO INMEDIATA

PARTIDA	MODELO	UNIDADES	CONCEPTO	FICHA TECNICA	ENTREGA	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	MB27	1	BALANZA ANALIZADORA DE HUMEDAD MARCA OHAUS	CLICK AQUI	2 SEMANAS	\$ 49,750.00	\$ 49,750.00
2			ENVIO GRATIS DENTRO DE LA REPUBLICA MEXICANA				

Condiciones comerciales

- * Precios en Moneda Nacional Mexicana
- * Precios sujetos a cambios sin previo aviso
- * El tiempo de entrega se estipula el día de la cotización. Puede variar en el futuro por lo que le sugerimos consultar disponibilidad el día de la compra
- * Tiempo de entrega es aproximado, puede variar en circunstancias especiales
- * Vigencia de cotización 30 días
- * Garantía de 1 año por defectos de fábrica
- * Algunos equipos no cuentan con certificado de calibración. Le sugerimos consultar dicha información antes de ordenar
- * Imágenes son referencia solamente y estas pueden variar al producto entregado
- * Nombre de modelo puede variar por cuestiones de inventario
- * No damos servicio de instalación ni reparación
- * Una vez colocada la O.C., no se aceptan cancelaciones ni devoluciones

IMPORTE	\$	49,750.00
DESCUENTO	\$	-
SUBTOTAL	\$	49,750.00
IVA 16%	\$	7,960.00
TOTAL MX	\$	57,710.00

DATOS BANCARIOS	
BANCO	BBVA BANCOMER
NUMERO DE CUENTA	0446444830
CLABE INTERBANCARIA	01258000446448301
SUCURSAL	1726
MONEDA	PESOS MEXICANOS
RAZON SOCIAL	PROVEEDORA COMERCIAL DEL NORTE
RFC	PCN931104351

FORMA DE PAGO
DEPOSITO BANCARIO, TRANSFERENCIA INTERBANCARIA, PAYPAL.
EN CASO DE PAGAR EN SUCURSAL DE MONTERREY, ACEPTAMOS CHEQUE, EFECTIVO, TARJETA DE DEBITO Y TARJETA DE CREDITO.

Por lo anterior expuesto; quedo de usted.

Vendedor Lic. Eduardo Guzman Barrientos
Telefono (81) 8110-9439
Correo proconsamexico@hotmail.com



Quote

04/02/2024

To:
ESPOCH Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo
Jessica Jacqueline Romero Erreyes
Panamericana Sur km 1 1/2
Riobamba
+593997367165 (Contact)
jacqueline.romero579@gmail.com

Project:
RFQ Platform Truck
Pickup at REW
2413 N Forsyth Road
Orlando, FL 32807

From:
Restaurant Equipment World
Neon Mancinelli
2413 N Forsyth Rd
Orlando, FL 32807
(407) 679-9004
407-679-9031 (Contact)
407-679-1699 (Fax)
neon.mancinelli@rewonline.com

Job Reference Number: ESPOCHJE01NM

Item	Qty	Description	Sell	Sell Total
1	1 ea	PLATFORM TRUCK New Age Model No. PT2448P6 Platform Truck, 24"W x 48"L, tread plate deck, 1/8" thick aluminum, removable handle, (4) 6" x 2" polyurethane plate casters (2 swivel, 2 rigid), 2,600 lbs capacity, Made in USA, (standard factory lead time)	\$969.37	\$969.37
	1 ea	Lifetime warranty against rust & corrosion, 5 year workmanship and material defects warranty, standard		
			ITEM TOTAL:	\$969.37
TERM1	1 ea	PAYMENT SCHEDULE RESTAURANT EQUIPMENT WORLD Model No. TERMS (1) - PAYMENT SCHEDULE (FULL) Schedule of payments are as follows: Payment in full, at time of order placement via wire transfer only. Wire transfers incur a \$30 wire transfer fee.	\$30.00	\$30.00
			ITEM TOTAL:	\$30.00
TERM2	1 ea	SALES TAX (FLORIDA) RESTAURANT EQUIPMENT WORLD Model No. TERMS (2) - SALES TAX, FLORIDA Florida residents who have not provided proof of having tax exempt status, for items in this quote, must add the appropriate county sales tax to this order. We are not licensed or required to collect sales in most other states, but be advised that the customer may be obligated to pay "USED" tax, in lieu of sales tax, directly to their state. Taxes may need to be added without proof of export		
TERM3	1 ea	FREIGHT (DOMESTIC) RESTAURANT EQUIPMENT WORLD Model No. TERMS (3) - FREIGHT (DOMESTIC) The freight cost listed at the end of this quote is a fee to ship the		

RFQ Platform Truck

ESPOCH Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo

Initial: _____
Page 1 of 2

Restaurant Equipment World

04/02/2024

Item	Qty	Description	Sell	Sell Total
		items quoted above from the manufacturers to Restaurant Equipment World (REW). Any change to above items or quantities may result in a change in freight cost. Customer is responsible for picking up items from REW located in the 32807 zip code.		
TERM4	1 ea	RETURNS RESTAURANT EQUIPMENT WORLD Model No. TERMS (4) - RETURNS Due to the nature of commercial equipment, non-defective items which are returned to us may be subject to a re-stocking fee. Re-stocking fees vary by manufacturer, but are typically at least 20% of the original purchase price. Re-stocking fees are necessary because returned commercial equipment must be sold at a reduced rate since it is considered "used" merchandise. If you'd like to return an item, please save all original packaging and contact REW for return instructions (including an RMA number), before making any return. Custom/made-to-order items are non-returnable. Items shipped outside the U.S. are typically non-returnable (please inquire with REW).		
TERM5	1 ea	WARRANTY RESTAURANT EQUIPMENT WORLD Model No. TERMS (5) - WARRANTY All equipment is sold subject to terms and conditions of factory warranties. Labor warranties, if purchased as an optional item, typically cover labor for items that need replacement under the terms of the factory warranty, and are not service warranties.		

Merchandise	\$999.37
Freight	\$56.21
Total	\$1,055.58

Prices Good Until: 04/30/2024

Acceptance: _____ Date: _____
 Printed Name: _____
 Project Grand Total: \$1,055.58

ANEXO D: MUESTRAS DE LA HARINA DE CHOCHO Y EL GRANO DE CHOCHO EN EL INIAP



ANEXO E: INVESTIGACIÓN DE CAMPO EN INIAP – ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA



ANEXO F: VISITA TÉCNICA EN LA CORPORACIÓN SUMAK TARPUY



ANEXO G: PLANO DE ESPACIOS DEL ÁREA DE LA MÁQUINA, OPERARIO Y ÁREA DE TRABAJO



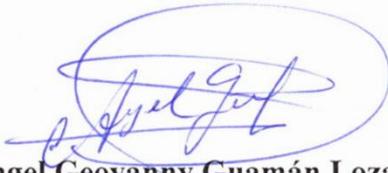
ANEXO H: PLANO DE LA PLANTA ACOTADO





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 01 / 07 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jessica Jacqueline Romero Erreyes Vicente Efraim Gavidia Quirola
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Industrial
Título a optar: Ingeniero/a Industrial
 Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano, Mgs. Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Daniela Carina Vásconez Núñez, PhD Asesor del Trabajo de Titulación

