

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE
MASA SUAVE PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES
EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tesis

**Para optar el título de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
ROYER ALEXANDER PITO CHIRINOS**

Tingo María – Perú.

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

N° 002/2024- CPTGATP-FIME-UNAS

En la ciudad universitaria, a los 13 días del mes de setiembre de 2024, siendo las 5:10 p.m., reunidos en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de la Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se instaló el jurado evaluador nombrado mediante **Resolución N° 045/2024-CF-FIME-UNAS**, de fecha 10 de agosto de 2024, a fin de dar inicio a la sustentación de la tesis para la obtención del **título de Ingeniero Mecánico Electricista** denominada: **"DESEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE MASA SUAVE PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA"**, presentado por el Bachiller en Ciencias de Ingeniería Mecánica Eléctrica **ROYER ALEXANDER PITO CHIRINOS**.

Luego de la sustentación y absueltas las preguntas de rigor, se procedió a la respectiva calificación de conformidad con el **Art. 53° del Reglamento para el otorgamiento de Grados Académicos y Títulos Profesionales, modificado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Resolución N° 113-2019-CU-RUNAS)**, cuyo resultado se indica a continuación:

APROBADO POR : UNANIMIDAD

CALIFICATIVO : MUY BUENO

Siendo las 5:55 p.m., se dio por culminado el acto público de sustentación de tesis, firmando a continuación los miembros del honorable jurado y su asesor, en señal de conformidad.

Tingo María, 13 de setiembre de 2024


.....
DR. SEGUNDO CLEMENTE RODRIGUEZ DELGADO
Presidente




.....
ING. MIGUEL SEGURA REQUEJO
Miembro


.....
M.Sc. JUAN CARLOS ZAPATA SIGUEÑAS
Miembro


.....
M.Sc. DEMETRIO LEON AYALA
Asesor

Nota:

{Excelente = 19-20}
{Muy Bueno = 16, 17, y 18}
{Bueno = 13, 14, y 15}
{Regular = 11, 12,}
{Malo = 0, a 10}



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 281 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DISEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE MASA SUAVE PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA	ROYER ALEXANDER PITO CHIRINOS	15 % Quince

Tingo María, 02 de octubre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Matiqui
JEFE

C.C. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

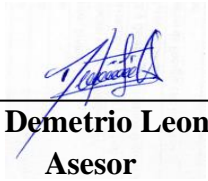
(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL TITULO UNIVERSITARIO

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	:	Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Título de la Tesis	:	Diseño de una máquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queques en la Universidad Nacional Agraria de la Selva
Autor de la Tesis	:	Pito Chirinos, Royer Alexander
Asesor(es)	:	M Sc. León Ayala, Demetrio Mg. Mendoza Ayre, Ivan Edgar
Escuela Profesional	:	Ingeniería Mecánica Eléctrica
Área de investigación	:	Energía - Sistemas electromecánicos - Agrofísica
Grupo de investigación	:	Energía - Sistemas electromecánicos
Línea de Investigación	:	Modelamiento, simulación y automatización de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos.
Lugar de ejecución	:	Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias - UNAS
Duración	:	Inicio : Enero 2023 Término : Diciembre 2023
Financiamiento	:	Propio () FEDU (X) Externo ()

Tingo María – Perú, 2024



M.Sc. Demetrio Leon Ayala
Asesor



Mg. Ivan Edgar Mendoza Ayre
Asesor



Royer Alexander Pito Chirinos
Tesisista

DEDICATORIA

A DIOS

*Por ser mi guía y fortaleza, con su fidelidad
y amor incomparable que siempre me ha
acompañado a lo largo de mi etapa
universitaria.*

Hasta el cielo a mi madre

*Lila Chirinos Sánchez, por su infinito amor
incondicional que en vida me brindó.*

A la madre de mis hijos

*Josselin Campos Mercado, por su amor y
apoyo incondicional en mi formación como
profesional.*

A mis hijos

*Thaisa y Santiago Pito Campos, pensar en
ellos representó estímulo indeclinable de
superación.*

A mis hermanos

*Carlos, Cristian, Brandon Pito Chirinos, por
su cariño, apoyo y gratitud.*

A todos mis amigos (as) y docentes

*A cada uno, quienes coincidimos en tiempos de
estudios universitarios.*

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por brindarme la vida, salud y su protección además de brindarme los conocimientos necesarios para concluir mis estudios universitarios y cumplir con una de mis metas más anheladas.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por ser mi alma Mater que me brindó la oportunidad de formarme como profesional, a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y docentes, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para mi formación como profesional.

A **Lila Chirinos Sánchez**, mi madre Q.E.P.D., en su memoria, porque gracias a ella pude empezar y concluir este sueño de ser profesional, con su infinito amor.

A **Josselin Campos Mercado**, la madre de mis hijos, quien incondicionalmente me apoyo para poder sostener nuestra pequeña familia y poder ser profesional.

A mis asesores de tesis, **M Sc. Demetrio León Ayala** y al **Mg. Iván Mendoza Ayre**, quienes con su aporte y orientación fue posible culminar el presente trabajo de investigación.

Al **M Sc. Víctor Condori Rondan**, docente de la Facultad de Industrias Alimentarias, por el apoyo brindado durante la ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	4
2.2. Marco teórico	5
2.2.1. La industria alimentaria	5
2.2.2. Queque de molde o cupcake.....	5
2.2.3. Etapas en la elaboración de queque.....	5
2.2.4. Dosificadora.....	6
2.2.5. Partes de un dosificador.....	6
2.2.6. Tolva.....	7
2.2.7. Flujo másico	8
2.2.8. Tipos de tolva de flujo másico.....	8
2.2.9. Sistema de dosificación	9
2.2.10. Boquilla	10
2.2.11. Estructura de soporte	10
2.2.12. Cilindro neumático	11
2.2.13. Dosificadores volumétricos	11
2.2.14. Dosificadores de tornillo	13
2.2.15. Dosificadores de compuerta rotativa	14

2.2.16. Dosificadores de banda rodante.....	15
2.2.17. Dosificadores por pistón neumático	15
2.2.18. Dosificadores por gravedad o gravimétricos	16
2.2.19. Dosificadores gravimétricos de banda.....	17
2.2.20. Dosificadores de pérdida de peso	17
2.2.21. Herramientas de diseño	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar de ejecución	20
3.2. Materiales y equipos.....	20
3.3. Generalidades de la investigación	21
3.3.1. Tipo de investigación.....	21
3.3.2. Nivel de investigación	21
3.3.3. Diseño de investigación.....	21
3.4. Población y Muestra.....	21
3.4.1. Población	21
3.4.2. Muestra	21
3.5. Variable, Operacionalización	22
3.5.1. Variables independientes.....	22
3.5.2. Variables dependientes.....	22
3.5.3. Operacionalización	22
3.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.....	23
3.6.1. Validez y confiabilidad.....	23
3.7. Método de análisis de datos.....	23
3.8. Aspectos éticos	24
3.9. Criterios de rigor científico	24
3.9.1. Credibilidad	24

3.9.2. Transferibilidad	24
3.9.3. Consistencia.....	24
3.9.4. Confirmabilidad o reflexividad	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Diagnosticar la situación actual de la producción de queques en la planta piloto de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias - UNAS.	25
4.1.1. Características de la masa.....	25
4.1.2. Caja negra	25
4.1.3. Funcionalidad del sistema	26
4.2. Modelar los componentes mecánicos y neumáticos de la máquina dosificadora de masa suave.	26
4.2.1. Material seleccionado para los elementos en contacto directo con el alimento	26
4.2.2. Selección de alternativas de diseño	27
4.2.3. Matriz morfológica.....	28
4.2.4. Resumen de alternativas para el sistema de almacenamiento	29
4.2.5. Resumen de alternativas para el sistema de dosificación volumétrica	30
4.2.6. Parámetros de valoración para las alternativas.....	31
4.2.7. Diseño de la tolva de almacenamiento	34
4.2.8. Dimensiones de la tolva.....	34
4.2.9. Cálculo de presiones de llenado en la tolva.....	40
4.2.10. Espesor de la tolva.....	45
4.2.11. Simulación por elementos finitos al diseño de la tolva	48
4.2.12. Dimensiones de la boquilla y émbolo de dosificación	50
4.2.13. Elementos del sistema de dosificación	54
4.2.14. Cálculo de la velocidad y aceleración del mecanismo de dosificación.....	55
4.2.15. Análisis de fuerzas del mecanismo de dosificación	57

4.2.16. Cálculo de la presión ejercida por el pistón neumático	58
4.2.17. Selección de los componentes básicos para el sistema neumático	60
4.2.18. Descripción de los componentes neumáticos seleccionados	60
4.3. Optimizar el tiempo de producción	62
4.4. Realizar una comparativa económica para la implementación del diseño	63
4.4.1. Costos directos.....	63
4.4.2. Costos indirectos.....	65
4.4.3. Costo total.....	65
4.4.4. Costo – beneficio	65
4.4.5. Cálculo del periodo de retorno de inversión (ROI).	67
4.4.6. Costo fabricación – mercado	67
V. CONCLUSIONES	68
VI. PROPUESTA A FUTURO	69
VII.REFERENCIAS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS):.....	20
2. Operacionalización de variables.....	22
3. Resumen de alternativas para el sistema de almacenamiento.	29
4. Resumen de alternativas para el sistema dosificador.	30
5. Evaluación técnica.....	32
6. Evaluación económica.....	33
7. Definiciones de las superficies de pared.....	36
8. Propiedades de los sólidos disgregados.....	37
9. Límites de flujo másico y flujo de embudo.	38
10. Dimensiones propuestas para la tolva.	38
11. Cálculo de presiones en la parte prismática tolva.....	44
12. Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304/304L.	45
13. Relación de lados acorde al Instituto Técnico de la Estructura en Acero.	47
14. Dimensiones de molde existente.	50
15. Dimensiones de la boquilla de dosificación.	51
16. Dimensiones del émbolo.	53
17. Dimensiones de la plancha de acople, vástago y perno.....	55
18. Nomograma de fuerza - presión.	59
19. Costos por suministro de materiales.....	63
20. Costos por componentes neumáticos.....	64
21. Costos por gastos fijos.....	64
22. Costos indirectos.....	65
23. Costos de producción.....	66
24. Cálculo del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR).	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Partes de una maquina dosificadora	7
2. Tipos de flujo másico	8
3. Tipos de tolva de flujo másico.....	9
4. Sistema dosificador automático.....	9
5. Boquilla tipo embudo de un dosificador.....	10
6. Estructura de soporte	10
7. Cilindro neumático	11
8. Dosificadora volumétrica de vasos telescópicos	11
9. Cilindro de simple efecto con válvula doble piloto	12
10. Dosificador de tornillo.....	14
11. Dosificador de compuerta rotativa tipo paleta.....	14
12. Dosificador de banda rodante	15
13. Dosificador por pistón neumático.....	16
14. Dosificador de banda rodante con balanza	17
15. Dosificador gravimétrico.....	18
16. Diagrama de caja negra	25
17. Estructura de funcionamiento de la maquina dosificadora.....	26
18. Comparación de soluciones	34
19. Vista frontal de la tolva	39
20. Vista lateral de la tolva	39
21. Corte transversal a la región plana de la tolva.....	41
22. Esquema de presiones de llenado en el fondo de la tolva	42
23. Longitud diagonal de la parte prismática de tolva.....	44
24. Características de la tolva para calcular el espesor parte prismática	46
25. Resultados del análisis de von mises del sistema tolva – estructura	49

26. Resultados de los desplazamientos del sistema tolva – estructura	49
27. Resultados del factor de seguridad del sistema tolva – estructura	50
28. Geometría de molde existente	50
29. Boquilla de dosificación propuesta.....	52
30. Émbolo dosificador propuesto.....	53
31. Mecanismo de dosificación	54
32. Esquema de la plancha de acople	54
33. Esquema del vástago	55
34. Diagrama de cuerpo libre del sistema dosificador.....	57
35. Diagrama neumático del sistema dosificador.....	60
36. Simbología de fuente de aire	60
37. Simbología de unidad de mantenimiento FRC.....	61
38. Simbología de válvula neumática tipo pedal, con silenciadores.	61
39. Simbología de cilindro neumático.....	61
40. Eficiencia tiempo actual – tiempo estimado.....	62
41. Comparativa costo fabricación – costo mercado.....	67

RESUMEN

El estudio se centra en el diseño y desarrollo de una máquina dosificadora volumétrica para masa suave con el objetivo de mejorar la eficiencia en la producción de queque en la Facultad de Ingeniería de Industria Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La necesidad de este proyecto surge debido a los problemas de ineficiencia y variabilidad en la dosificación manual de masa, lo cual afecta la calidad y uniformidad del producto final; se plantea el diseño de una máquina dosificadora capaz de medir y dispensar cantidades precisas de masa en los moldes. Con esta máquina se pretende aumentar la velocidad y consistencia del proceso de producción de queque. Garantizar que cada porción de masa dosificada sea uniforme, mejorando así la calidad del producto final. Para lograr el objetivo planteado se tuvo que realizar la revisión de información técnica y científica acerca del diseño y construcción de la dosificadora de masa suave y hacer un análisis de las características de la masa y los requerimientos de producción, creando bocetos y modelos preliminares de la máquina, considerando factores como la capacidad, el tamaño y los materiales, para su construcción. El diseño y la modelación de la máquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queque en la FIIA UNAS, mejora la eficiencia y la calidad del producto final, establece una base para futuras innovaciones en la automatización de procesos en la industria alimentaria y continuar investigando y desarrollando mejoras adicionales, incluyendo la integración de nuevas tecnologías.

Palabras clave: diseño, dosificar, modelado.

Designing a Volumetric Dosing Machine for Soft Dough in Order to Optimize the Production of Cakes at the Universidad Nacional Agraria de la Selva

ABSTRACT

The study is centered around the design and development of a volumetric dosing machine for soft dough with the objective of improving the efficiency of the cake production in the school of industrial food engineering at the Universidad Nacional Agraria de la Selva. The need for this project came about due to the problems of inefficiency and the variability of manually dosing the dough, which affects the quality and uniformity of the final product. Designing a dosing machine capable of measuring and dispensing precise quantities of dough in the molds was proposed. With this machine, the intent was to increase the velocity and consistency of the cake production process. Also, to guarantee that each dosed portion of the dough is uniform, thus, improving the quality of the final product. In order to achieve the proposed objective, a review of technical and scientific information regarding the design and construction of the dosing machine for soft dough had to be done, and an analysis of the characteristics of the dough and the requirements for production was done; creating sketches and preliminary models of the machine [and] considering factors such as the capacity, size and materials for its construction. The design and the model of the volumetric dosing machine for soft dough, in order to optimize the production of cakes in the FIIA UNAS (acronyms in Spanish), improved the efficiency and the quality of the final product [and] established a base for future innovations for the automatization of processes within the food industry, and for further research and the development of additional improvements, including the integration of new technology.

Keywords: design, dosing, molding

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas que se encuentran dentro del rubro de la producción de queque consideran como misión de complacer las necesidades de sus consumidores, motivo por el cual se hace necesario guardar y mantener una línea de producción estable, es por esto por lo que el sector industrial debe contar con equipos que permitan desarrollar de manera más eficaz su labor.

La alta competitividad generada entre las empresas fomenta un agente que impulsa a optimizar sus procesos para llegar a estándares de producción capaces de responder a tiempo y con la calidad requerida por estos. La producción permite mantener e incrementar las ganancias, por este motivo, mejorar las líneas de producción se hace primordial en una empresa que quiere ser altamente competitiva.

Por lo descrito en los párrafos anteriores y ante la necesidad de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias (FIIA) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de mejorar sus estándares de producción, se diseñó una máquina dosificadora volumétrica de masa suave, que reduce el tiempo del proceso de producción y mejora el llenado en los moldes; lo que permitirá optimizar la producción de queque dentro del laboratorio de harinas y panificación de la planta piloto de la FIIA.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Diseñar una maquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queque en la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María.

1.1.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la producción de queques en la planta piloto de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias - UNAS.
- Modelar los componentes mecánicos y neumáticos de la máquina dosificadora de masa suave.
- Optimizar el tiempo de producción.
- Realizar una comparativa económica para la implementación del diseño.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

El Kassem (2021), el estudio se centró en el diseño de una máquina de dosificación volumétrica vertical con micro-sifón y construyó un alimentador de pérdida de peso (LiW), posteriormente se realizó un análisis de los componentes principales y simulaciones mediante el método de elementos discretos (DEM) para el flujo de material granular en una barrena de dosificación. Propuso un concepto alternativo de dosificación del alimentador vertical (LiW); además, desarrolló un diseño sistemático basado en especificaciones funcionales para el alimentador (LiW) semiautomático, que dosifica una amplia gama de polvos, especialmente cohesivos, llevando a cabo pruebas experimentales y de dosificación de polvo para estudiar la funcionalidad de la máquina y la variabilidad del peso en una plataforma de pesaje; como resultado, validó el prototipo de prueba de concepto.

Looms (2022), la finalidad de su estudio fue mejorar el sistema de dosificación automatizado de una empresa, el cual permite la adición automática de materias primas al proceso de producción; para cumplir con el objetivo de la investigación, desarrolló una metodología para garantizar su realización de manera sistemática, analizó las funciones, KPI y diagramas de flujo del sistema; luego, realizó una investigación bibliográfica en busca de mejoras y alternativas para los procesos actuales, identificaron posibles decisiones para el sistema, las cuales fueron probadas en la medida de lo posible dentro del alcance de la investigación. Según los resultados, la empresa X debería realizar cambios a corto plazo en el sistema automatizado y las máquinas volumétricas de dosificación para mejorar el rendimiento y los KPI establecidos.

Ortiz y Zambrano (2017), en el estudio se diseñó un sistema de dosificación volumétrica, evaluando su rendimiento con análisis de elementos finitos, se elaboraron planos de fabricación, montaje, eléctrico y neumático, junto con manuales de instalación, operación y mantenimiento. Se realizó una evaluación económica para asegurar la viabilidad del proyecto; por lo que el diseño resultó adecuado para los tesisistas involucrados en el proyecto.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Guerrero (2021), el estudio tuvo como objetivo diseñar y construir una máquina dosificadora de líquidos viscosos para microempresas agrícolas, se consideró diferentes alternativas de distribución, en consecuencia, se calculó un diseño similar al sistema. Se introdujeron 4 mecanismos: un modo de dosificación que conecta la cámara de almacenamiento y el tanque, una cámara con boquilla; todos estos elementos están soportados por una estructura de acero. Finalmente, se desarrolló un sistema electromecánico basado en relés y electroválvulas.

Herrera y Lumbres (2018), su estudio buscaba diseñar máquinas verticales, prensas mecánicas con control neumático para hacer bolsas de arroz utilizando PLC, para ello se evaluaron 5 alternativas y se seleccionaron tres, incluyendo el PLC Siemens. Se modelaron los componentes con SolidWorks para visualizar el diseño final de las piezas mecánicas.

García y Tullume (2019), dentro de su estudio se desarrolló una máquina semiautomática dosificadora "Vino Gran Señor" de la empresa Monsefú en Lambayeque con capacidad de 350 U/H, considerando cuatro conceptos: dimensiones del dispositivo, análisis de cargas de flexión y torsión; luego de analizar estos dos últimos conceptos se procedió al diseño paramétrico mediante GUI. Finalmente se parametrizaron los componentes y se simuló el sistema de cinta transportadora para obtener una perspectiva amplia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. La industria alimentaria

Berkowitz (2010) manifiesta que, el término industria alimentaria abarca un conjunto de actividades industriales que manipulan, transforman, preparan, conservan y envasan productos alimenticios.

La industria alimentaria ha atravesado un proceso dramático de diversificación y abarca desde pequeñas empresas familiares tradicionales, que suelen ser intensivas en mano de obra, hasta grandes procesos industriales altamente diferenciados por género basados en el uso extensivo de capital. Gracias a la ciencia, como a la tecnología que se emplea en este rubro, la industria alimentaria ha progresado y ha afectado positivamente la dieta familiar.

2.2.2. Queque de molde o cupcake

El queque de molde (cupcakes o muffin) es un bizcocho pequeño e individual hecho de harina, margarina o nata, huevos y azúcar; llamado así por el tamaño y la forma en la que se dividen en pequeños moldes, puede ahorrar mucho en la cocción de esta manera. Tienen una base cilíndrica y una superficie más amplia en forma de seta (Atoche y García, 2017).

2.2.3. Etapas en la elaboración de queque

Atoche y García (2017) mencionan que las etapas para elaborar los queques de molde son el mezclado, dosificado, horneado y empaquetado.

Mezclado: Mezclar o batir masa para queque, es un proceso riguroso. El propósito de hacer queques es evitar que la proteína de la harina se convierta en gluten, por lo que la misma debe mantenerse lo más alejada posible de ingredientes acuosos.

Dosificado: Este paso consiste en colocar la masa para queques en moldes pequeños para darle su forma única.

Horneado: Desde el punto de vista del consumidor, las tartas deben tener un color uniforme y atractivo, una superficie brillante y una miga ligera y húmeda. Generalmente, los fabricantes hornean los productos a la temperatura más alta posible para lograr las propiedades deseadas sin quemar la superficie.

Empaquetado: El envasado y presentación comercial de estos productos es una actividad muy diversa, ya que abarca desde el envasado de tartas individuales en film estirable hasta cajas de venta al por menor.

2.2.4. Dosificadora

Guerrero (2018) define a la dosificadora como un equipo que forma parte integral de una línea de producción, cuya función es proporcionar o entregar rápidamente la cantidad requerida de material o insumo para la realización de un sistema. También se define como un mecanismo para suministrar cantidades precisas de sólidos o materiales, mejorando procesos y optimizando recursos.

Es un dispositivo que suministra automáticamente la proporción exacta de materiales o materias primas, optimizando y racionalizando así los recursos invertidos en la operación. Proporciona a los clientes y fabricantes cantidades precisas de productos entregados y reduce el tiempo de producción (Valarezo y Vizúete, 2016).

2.2.5. Partes de un dosificador

Principalmente el funcionamiento del dosificador se basa en el control de la concentración del producto añadido para garantizar una mezcla homogénea como resultado

final. La dosificación de sólidos envasados se debe considerar en función a la categoría de sólido y la resistencia a la oxidación, debido a que estos pueden ser parámetros de selección importantes para el tipo de mecanismo a utilizar.

Generalmente el uso de un dosificador es para regular el suministro de sustancias en las diferentes etapas del proceso; básicamente se compone de una tolva, un sistema de dosificación, boquillas (ver Figura 1) y, de ser necesario, es accionado de forma neumática o electroneumática. En la industria se pueden encontrar diversos modelos de dosificadores, pero los componentes básicos mencionados priman en cada una de ellas (Ortega y Carrillo, 2011).

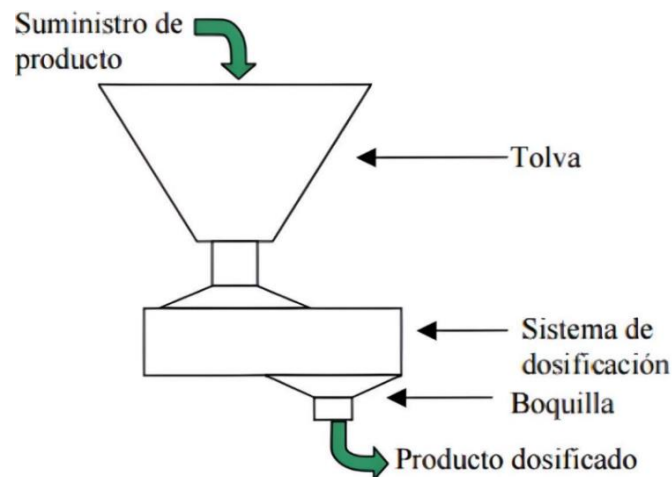


Figura 1. Partes de una maquina dosificadora (Moreno *et al.*, 2018).

2.2.6. Tolva

Una tolva se conoce como un dispositivo que parece un gran embudo que sirva para la deposición y desviación de materiales granulares o pulverulentos, etc. En ocasiones se monta sobre un chasis que permite el transporte y se utiliza el contenedor para que deje que el contenido vaya gradualmente a otro lugar o recipiente con una boca más grande; por lo general, tiene la forma de una pirámide invertida o un cono con una parte superior más ancha, el fondo es estrecho y abierto. Controla materiales sólidos, en polvo o líquidos y les da diferentes formas: es de varios tamaños y sus modelos son de acero inoxidable (Wang y Ooi, 2015).

2.2.7. Flujo másico

La principal característica del flujo másico es que durante la descarga todo el material está en movimiento y se desliza sobre las paredes del tanque, reduciendo de esta forma la presencia de zonas muertas. Este tipo de flujo tiene muchas ventajas, incluida la eliminación de obstrucciones, la reducción de los efectos de separación por tamaños, la recuperación de materiales, la uniformidad y el control del flujo y la utilización de la capacidad de almacenamiento total (Rodríguez, 2014).

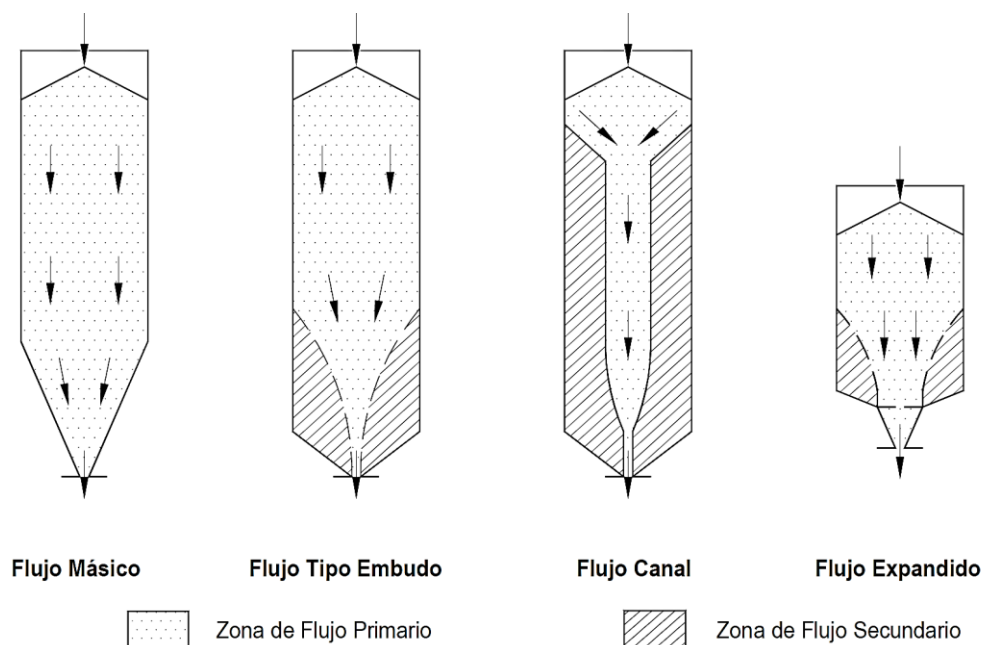


Figura 2. Tipos de flujo másico (AICE, 2015).

2.2.8. Tipos de tolva de flujo másico

Las tolvas de flujo másico, se clasifican según su forma y son: silo cónico, tolva en forma de cuña, tolva piramidal, tolva de transición y tolva en forma de cincel (Rodríguez, 2014).

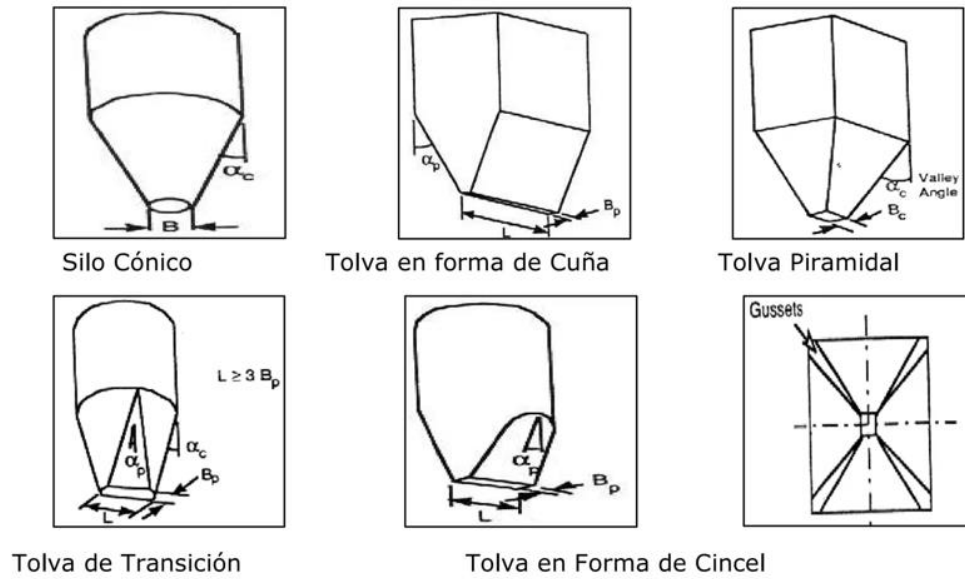


Figura 3. Tipos de tolva de flujo másico (ITEA, 2000).

2.2.9. Sistema de dosificación

Suárez (2019) lo indica como, el mecanismo que tiene más importancia dentro de una máquina dosificadora, aquí el proyectista decidirá el método de trabajo que realizará el dosificador; estos métodos de dosificación serán por volumen o por gravedad, dependerá de la particularidad del producto y la precisión requerida en la dosificación.



Figura 4. Sistema dosificador automático (Handtmann, 2024).

2.2.10. Boquilla

La principal función de la boquilla es direccionar el llenado del producto dosificado, además de prevenir los riesgos que se puedan ocasionar al operario en caso dicho producto sea químico; esta pieza se amolda al tubo de descarga, punto de salida del producto dosificado. Comúnmente se le vincula a una envasadora (Suárez, 2019).



Figura 5. Boquilla tipo embudo de un dosificador (Mrmapias, 2024).

2.2.11. Estructura de soporte

Ortega y Carrillo (2011) afirman que es un sistema de cuerpos rígidos que brindan estabilidad y resistencia; además que soportan su propio peso, fuerzas externas, momentos, cargas térmicas, etc., sin prescindir los niveles de funcionalidad inicial de diseño.



Figura 6. Estructura de soporte (Bossgoo, 2024).

2.2.12. Cilindro neumático

Woo *et al.* (2021) dicen que un cilindro neumático es un componente mecánico que se puede utilizar en una línea de montaje automática en un sistema de fabricación flexible, también se puede utilizar en un dispositivo de cambio de herramientas de una máquina herramienta.



Figura 7. Cilindro neumático (Catálogo de actuadores Micro automation, 2023).

2.2.13. Dosificadores volumétricos

Bonilla (2009) menciona que la dosificación volumétrica es un método donde se emplean moldes para medir la cantidad de producto por unidad de envase; por ejemplo, el dosificador de vasos telescópicos utiliza un disco giratorio múltiples troqueles para liberar un volumen constante del producto (ver Figura 8).



Figura 8. Dosificadora volumétrica de vasos telescópicos (Ortega y Carrillo, 2011).

Suárez (2019) menciona que estos tipos de sistemas son alimentados por tolvas equipadas con un agitador de paleta para asegurar una alimentación uniforme, evitando también el estancamiento de material o la formación de depósitos y vacíos.

Una dosis fija se logra de varias maneras, todas las cuales deben estar presentes para que de alguna manera se pueda determinar la cantidad en centímetros cúbicos, litros o gramos.

El sistema volumétrico se basa en llenar el tanque con un volumen fijo y descargar el número de veces necesario para completar la dosis; el peso específico asociado al volumen de desplazamiento permite conocer el centímetro cúbico de medición; un pistón simple con dos válvulas también se puede utilizar como método de medición (ver Figura 9).

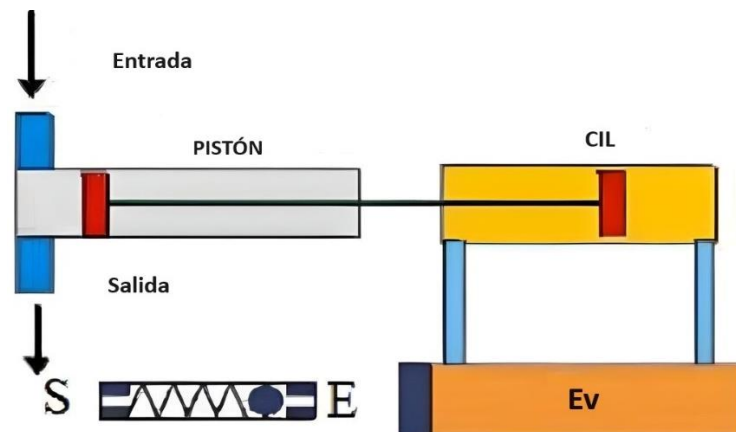


Figura 9. Cilindro de simple efecto con válvula doble piloto (Morales, 2010).

Donde:

EV = Electroválvula

CIL = Cilindro neumático

S = Salida

E = Entrada

En este caso, el cilindro empuja el pistón hacia el pistón dosificador, la válvula solenoide EV se enciende y se detiene cuando el cilindro empuja hacia adelante; el dispensador consta de una bola que es empujada por un resorte cuando se aplica presión.

El líquido se mide dentro de un pistón que se abre y deja pasar una cierta cantidad de líquido. El émbolo dosificador para cambiar la cantidad de fluido controlado (Kazemzadhe *et al.*, 2019).

Este tipo de dispensador se utiliza principalmente para alimentos; por ejemplo, mermelada, chocolate, yogur, nata, leche e incluso almíbar (Ashley, 1985).

Los sistemas volumétricos más conocidos y recurridos son los siguientes:

- Dosificadores de tornillo.
- Dosificadores de compuerta rotativa.
- Dosificadores de banda rodante.
- Dosificadores por pistón neumático.

2.2.14. Dosificadores de tornillo

Ariani *et al.* (2020) afirman que, al igual que los divisores de volumen, consta de un embudo que puede brindar alimentación manual o automática (dentro del embudo hay un tornillo, que es controlado por la máquina de embalaje); según el tipo de producto a medir y el peso del envase, se tendrá el número de revoluciones a la que girará el tornillo, dependiendo del número o ancho del contenedor, más que de los tornillos dentro del embudo (ver Figura 10).

Suárez (2019) menciona que el elemento principal es el tornillo sin fin que posee y se encuentra interiormente en la tolva, su característica es dispensar un volumen determinado del

producto por cada revolución, su funcionamiento puede ser continuo o intermitente y se utiliza cuando se requiere más precisión puesto que, en algunos casos se trabajan con sólidos de forma irregular.

La velocidad de giro del tornillo la proporciona un sistema de reducción de velocidad (por engranajes o correas) añadido a un motor eléctrico o acoplando el motor a un variador de velocidad (Brito, 2017).

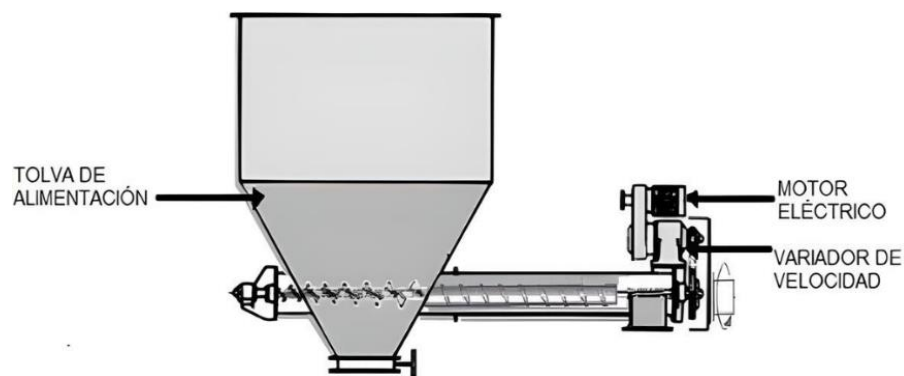


Figura 10. Dosificador de tornillo (Ortega y Carrillo, 2011).

2.2.15. Dosificadores de compuerta rotativa

Suárez (2019) dice que el principal elemento de este dispensador es la puerta giratoria de diseño sencillo y robusto, pero no tan precisa como el sistema de tornillo, debido al tiempo de reacción al cerrar la puerta y la homogeneidad de dosificar el material (ver Figura 11).

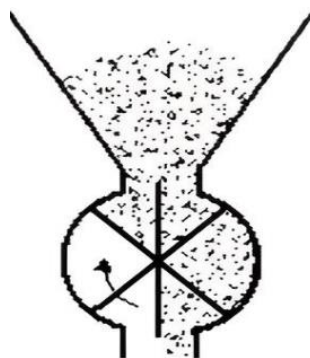


Figura 11. Dosificador de compuerta rotativa tipo paleta (León y Rueda, 2013).

2.2.16. Dosificadores de banda rodante

Este tipo de dosificadores permiten que el producto pase a través de una banda transportadora pasándolo primero por una salida ajustable; tiene dos parámetros importantes, la velocidad de la cinta y el ajuste de la puerta que deja pasar el material (ver Figura 12).

Este mecanismo, relativamente simple, no es adecuado para sustancias sólidas fundidas por ejemplo el carbón activado, ya que causaría problemas como inmovilizar el sistema (Suárez, 2019).

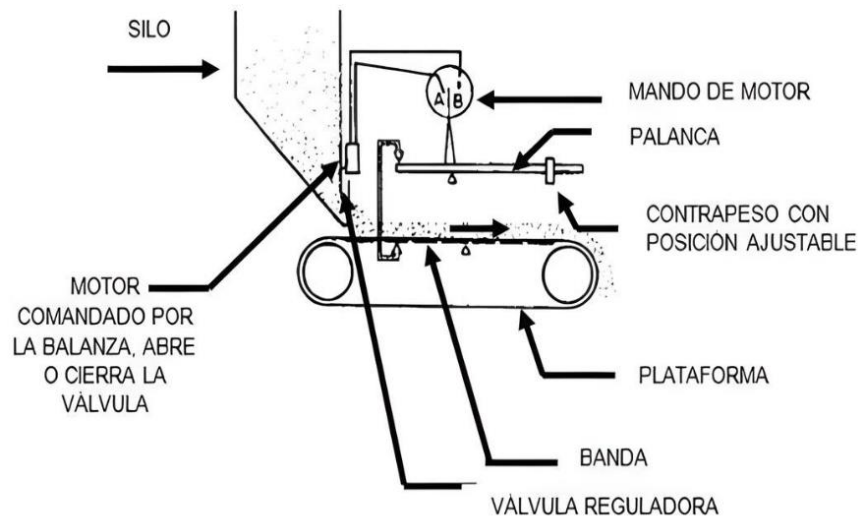


Figura 12. Dosificador de banda rodante (Ortega y Carrillo, 2011).

2.2.17. Dosificadores por pistón neumático

Ortega y Carrillo (2011) manifiestan que este dosificador está hecho para funcionar con productos líquidos, semilíquidos y derivados de estos; generalmente el sistema consta de un pistón con cámara ajustable de su capacidad, donde el cilindro neumático acciona su desplazamiento, una ventalla y un inyector. Su manufactura es de acero inoxidable y, de forma similar que otros dispensadores, suelen colocarse en envasadoras automotoras o parcialmente automotoras utilizados para pequeñas producciones (ver Figura 13).

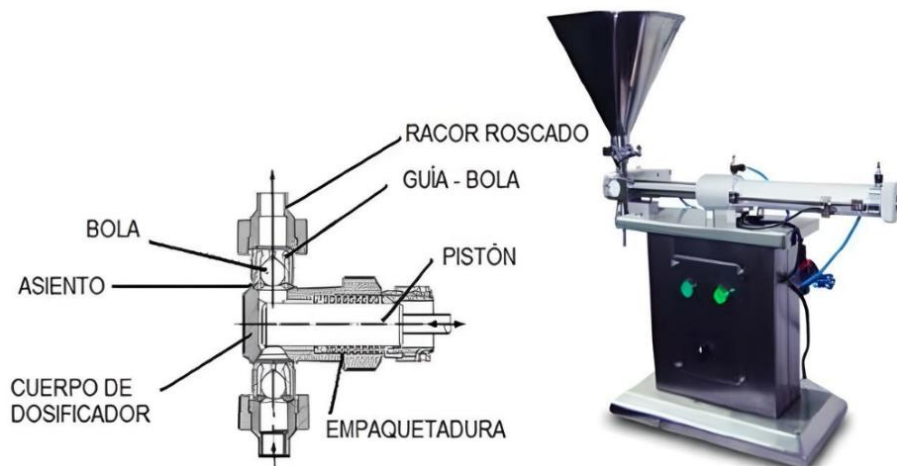


Figura 13. Dosificador por pistón neumático (Ortega y Carrillo, 2011).

2.2.18. Dosificadores por gravedad o gravimétricos

Singh *et al.* (2020) mencionan que este tipo de dosificador consiste en un recipiente en el que se suele colocar un líquido; se activa a través del tanque principal usando un flotador interno, tiene un grifo en la parte inferior. Está controlado por la máquina de envasado para permitir que el líquido pase a través de la máquina de envasado en el momento exacto. Sólo se utiliza para productos líquidos como agua, jugo, salmuera, vino.

Los alimentadores por gravedad controlan el flujo de materiales por peso, entonces para alcanzar mayor precisión de dosificación se necesita una báscula. Un ejemplo de este tipo de alimentador es el de cinta de gravedad; respecto a la cinta transportadora, el material almacenado en la tolva cae sobre la cinta transportadora y se traslada a una plataforma de pesaje que está adaptada para capturar el peso correspondiente a la dosis requerida.

Por otra parte, Ortega y Carrillo (2011) señalan que estos sistemas son más precisos que los sistemas volumétricos porque el cambio de masa volumétrica no afecta la dosificación, pero sí beneficia el peso del material en relación al espacio que ocupa; los más utilizados son los dosificadores de tornillo y los dosificadores de compuerta rotativa.

2.2.19. Dosificadores gravimétricos de banda

Según Suárez (2019), este es un sistema similar a una máquina dosificadora volumétrica de banda, la diferencia es que controla continuamente el volumen de salida, pesando el transportador al mismo tiempo, verificando la velocidad del transportador y la compuerta hacia la abertura inferior de la tolva para que finalmente el producto a dosificar sea manejado por el controlador; a continuación, se muestra la incorporación de la balanza en el sistema dosificador (ver Figura 14).

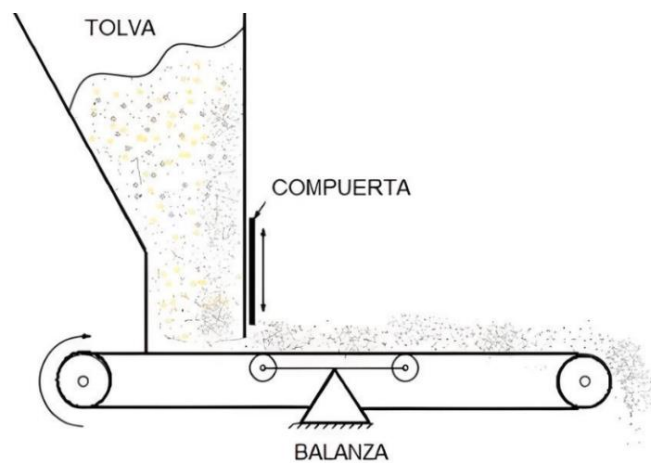


Figura 14. Dosificador de banda rodante con balanza (Ortega y Carrillo, 2011).

2.2.20. Dosificadores de pérdida de peso

Resultan de la combinación de un dosificador de compuerta rotativa y un dosificador volumétrico de tornillo; estos dispensadores son perfectos para procesar snacks cuyas formas suelen ser irregulares, productos en polvo o sólido; disponen de un alimentador vibratorio para el sensor de fuerza, que ayuda a evitar la cisura del producto. El peso se controla de forma digital, lo que permite una dosificación de alta precisión.

Estos dispensadores se utilizan en máquinas de envasado automático con configuraciones de cabezales múltiples o para cumplir con pequeñas producciones semiautomáticas (Ortega y Carrillo, 2011).

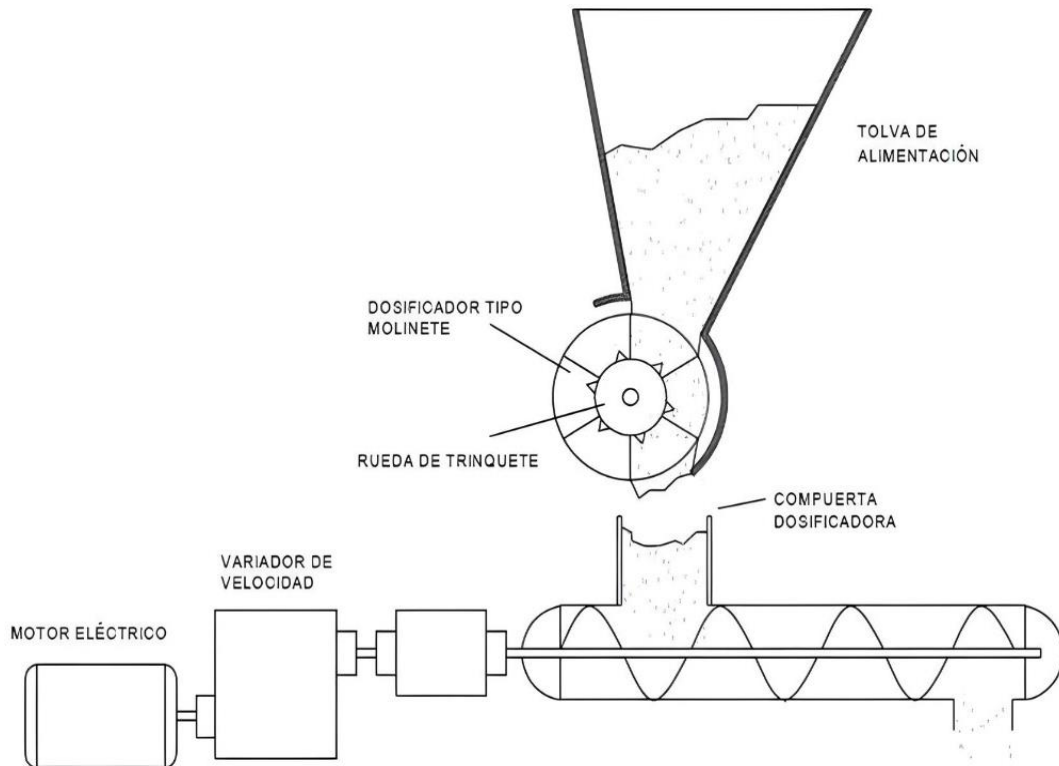


Figura 15. Dosificador gravimétrico (Ortega y Carrillo, 2011).

2.2.21. Herramientas de diseño

Para poder tener una perspectiva de cómo será el diseño de las distintas máquinas, existen softwares aplicativos, que son programas de tipo “CAX”, término utilizado para hacer referencia a tres grandes grupos: CAD, CAE y CAM. Respecto al diseño de elementos de máquinas existen softwares como SOLIDWORKS, ANSYS, SAP2000 y FRAME DESIGN (Huang *et al*, 2022).

SolidWorks: Software tipo CAD que es utilizado para realizar el modelado mecánico en 2D y 3D, es apto para funcionar en Microsoft Windows; SolidWorks nos da la facilidad de realizar de manera casi intuitiva proyectos de dibujo, ensamble, obtener varios modelos solo con mínimas modificaciones reduce el tiempo y el esfuerzo en realizar proyectos pequeños o de gran envergadura (Huang *et al.*, 2022).

ANSYS: Se trata de un compendio de programas tipo CAE que permiten realizar el diseño, análisis y simulación de componentes por el método de elementos finitos FEA; este software realiza un minucioso análisis de elementos que están sometidos o trabajan bajo la acción de fenómenos físicos presentes en la ingeniería y el diseño mecánico, así como también piezas sometidas a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración, etc. (Knapčíková *et al.*, 2021).

SAP 2000: Consiste en un software de elementos finitos con una interfaz gráfica 3D orientada a objetos, este software es capaz de realizar totalmente integrada la modelación, análisis, y dimensionamiento de un amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras, tales como puentes, estadios, edificios, estructuras marítimas, naves industriales, en general estructuras donde se necesite hacer el dimensionamiento. (Sotiropoulos y Lagaros, 2020)

FrameDesing: Aplicación que analiza reacciones, esfuerzos y deformaciones de estructuras en 2D, asimismo, resuelve ejemplos no muy complejos de diseño, se basa también en el método de elementos finitos, cuenta con una interfaz muy amigable y de gran servicio al usuario por lo fácil de manejar, se puede introducir y modificar cargas, apoyos, barras, en forma de texto o en forma gráfica (Kelly y Gero, 2022).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el laboratorio de harinas y panificación de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María; políticamente ubicada en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco.

Tabla 1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS):

Lugar	Coordenadas geográficas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
Universidad Nacional Agraria de la Selva	390448	8970342	655

Los registros del clima en la zona, obtenidos por la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, entre los años 1990 y 2020 fueron: temperatura máxima que fluctúa entre 29,61 a 29,96 °C, mínima que fluctúa entre 19,95 a 20,29 °C, y medias históricas que fluctúa entre 24,77 a 25,09 °C.

3.2. Materiales y equipos

- **Materiales:** Vernier digital, cuaderno de apuntes.
- **Equipos:** Laptop.
- **Software utilizado:** SolidWorks, Microsoft Office.

3.3. Generalidades de la investigación

3.3.1. Tipo de investigación

La investigación aplicada tiene como propósito resolver problemas que surgen en la producción, distribución, circulación y consumo de bienes, para generar conocimiento que pueda aplicarse a cualquier actividad humana (Nieto, 2018). Por lo que se concluye que el tipo de investigación es aplicada.

3.3.2. Nivel de investigación

En la investigación descriptiva se observan, analizan características y propiedades para luego clasificarlas, agruparlas o sintetizarlas según algunos criterios, para posteriormente estudiar el tema a profundidad (Daen, 2011). Debido a que se describe las características del equipo dosificador como los cálculos realizados la investigación es descriptiva.

3.3.3. Diseño de investigación

Los diseños no experimentales realizan el estudio sin manipulación deliberada de variables; esto significa que, en estos estudios las variables independientes no se cambian de manera intencional para observar sus efectos sobre otras variables. (Hernández y Mendoza, 2020). Según el diseño metodológico se trata de una investigación no experimental.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Maquinas dosificadoras.

3.4.2. Muestra

Maquina dosificadora volumétrica.

3.5. Variable, Operacionalización

3.5.1. Variables independientes.

Diseño de una maquina dosificadora de masa suave.

3.5.2. Variables dependientes.

Optimización de la producción de queques.

3.5.3. Operacionalización

La operacionalización de variables para la presente investigación se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Variable independiente: Diseño de maquina dosificadora de masa suave	Es el proceso de darle a una máquina su forma, tamaño, materiales, métodos de fabricación y operaciones para que pueda cumplir una función o necesidad específica	Dimensiones	mm
		Tipo de material	
		Velocidad	m/s
		Fuerza	N
		Presión	bar
Variable dependiente: Optimización de la producción de queques	Se refiere a realizar los ajustes o cambios necesarios para buscar el mejor resultado eficiente, en el tiempo del proceso de producción de queques	Tiempo	min
Cantidad producida		molde/min	

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.

Para obtener datos de la masa de queque y las dimensiones de los moldes se utilizó la técnica de la observación y el análisis de documentos; el instrumento serán los informes técnicos proporcionados por el jefe del laboratorio de harina y panificación de la UNAS.

Las características mecánicas fundamentales de la maquina dosificadora volumétrica propuesta se obtuvo a través de la técnica de la simulación con el programa SolidWorks, el instrumento fue la hoja de reportes generados por dicho programa.

Se realizaron entrevistas de al menos un personal profesional conocedor del rubro de panificación y diseño de máquinas.

3.6.1. Validez y confiabilidad

Validez: Los instrumentos tendrán la aprobación de expertos conocedores de la materia, cada instrumento será validado por un especialista para la recolección de datos con dicho instrumento.

Confiabilidad: Para el diseño de la maquina dosificadora volumétrica de masa suave se analizarán teorías, investigaciones, datos, fuentes y métodos para evitar error alguno.

3.7. Método de análisis de datos

Se recopilará información a través de la observación y toma de datos de la masa a dosificar, además de realizar la medición de la bandeja que es elemento existente más destacado para nuestro diseño y poder conocer algunas de sus dimensiones, tales como como la densidad y las medidas de la bandeja. Luego de obtenidos los datos se procederá a la selección de la mejor alternativa para la máquina, de acuerdo a las necesidades dentro del laboratorio de harina y panificación de la planta piloto.

3.8. Aspectos éticos

La investigación se basará en los principios éticos del Código de Ética del Colegio de Ingenieros (1999) y el Código de Ética para la Investigación en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (2016).

3.9. Criterios de rigor científico

3.9.1. Credibilidad

Un resultado aproximado de la investigación del fenómeno observado (Noreña *et al*, 2012).

3.9.2. Transferibilidad

Los resultados derivados de la investigación no son generalizables, sino transferibles (Noreña *et al*, 2012).

3.9.3. Consistencia

La complejidad del estudio complica la estabilidad de los datos. También es imposible una repetición exacta del estudio. (Noreña *et al*, 2012).

3.9.4. Confirmabilidad o reflexividad

Los resultados de la investigación deben garantizar la autenticidad de los relatos de los participantes. (Noreña *et al*, 2012).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnosticar la situación actual de la producción de queques en la planta piloto de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias - UNAS.

4.1.1. Características de la masa

De acuerdo con el diagnóstico realizado (ver Anexo A), se debe considerar que la masa de queques requerida en la tolva es de 15 a 20 kg, cuya densidad (ρ_c) es de 0.98 g/cm^3 ; entonces para el diseño se considerará una masa (m_c) de 20 kg.

4.1.2. Caja negra

Hace referencia al funcionamiento de un sistema específico, indica la entrada y salida sin brindar los detalles internos de la máquina.

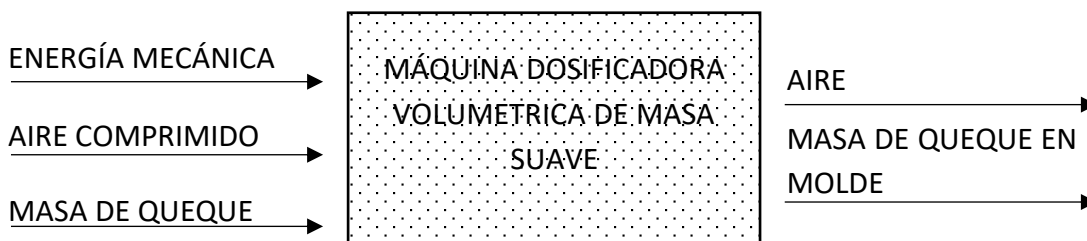


Figura 16. Diagrama de caja negra.

En las entradas se tiene: señales de energía mecánica, sistema neumático y masa de queque. En las salidas se tiene: energía calorífica y masa dosificado de queque dosificado.

Energía mecánica: Está presente cuando se verte la masa en la tolva de alimentación, el aire comprimido presente dentro del cilindro neumático y en el accionamiento del pedal.

Aire comprimido: Ingresa al cilindro neumático para generar a través del empuje, la fuerza necesaria que requiere el sistema dosificador para desplazarse.

Masa de queque: Mezcla preparada básicamente con harina y otros ingredientes.

Aire: Se desprende del sistema luego de generado el ciclo neumático.

Masa de queque en molde: Se encuentran en una bandeja existente, en total 4 por dosificado, que almacenan porción de masa de manera uniforme.

4.1.3. Funcionalidad del sistema

La máquina dosificadora volumétrica de masa suave para la producción de queques en la FIIA - UNAS, tiene las siguientes funciones:

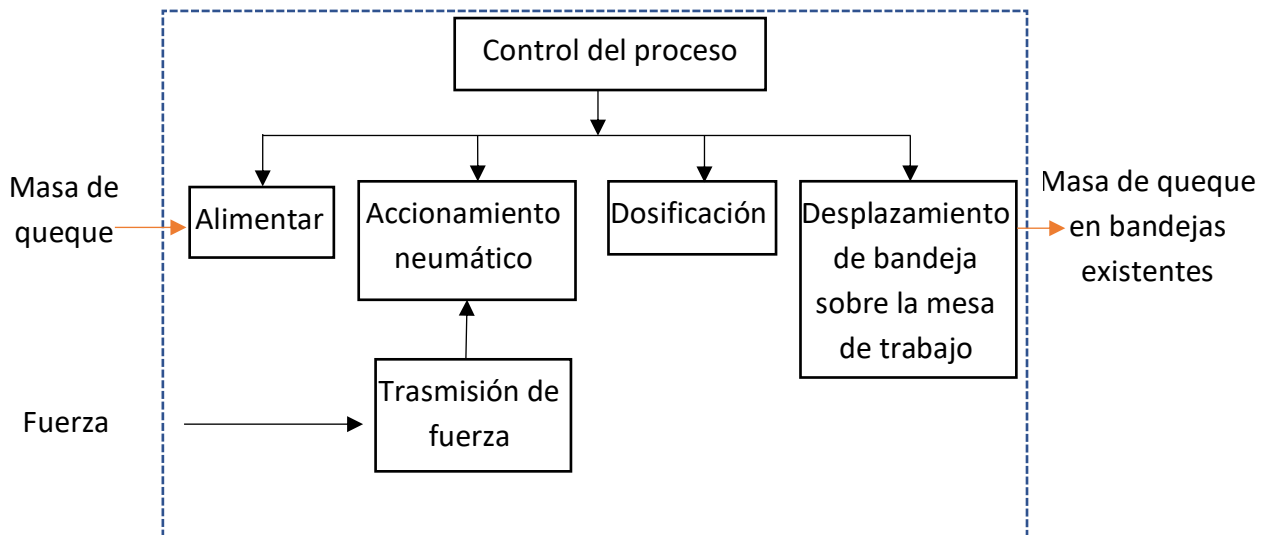


Figura 17. Estructura de funcionamiento de la máquina dosificadora.

4.2. Modelar los componentes mecánicos y neumáticos de la máquina dosificadora de masa suave.

4.2.1. Material seleccionado para los elementos en contacto directo con el alimento

Para la elegir el material se considerará lo indicado por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería aprobado mediante resolución ministerial RM N° 1020-2010/MINSA, la cual dice que los

equipos y utensilios utilizados en panaderías y pastelerías deberán estar fabricados con materiales resistentes a la corrosión y resistan repetidas operaciones de limpieza y desinfección.

El acero estructural A36 es muy común para la fabricación de tolvas en la industria minera, metal mecánica etc. Pero no es recomendable para la industria alimenticia ya que este material produce reacciones entre el alimento y el acero produciendo contaminación del alimento.

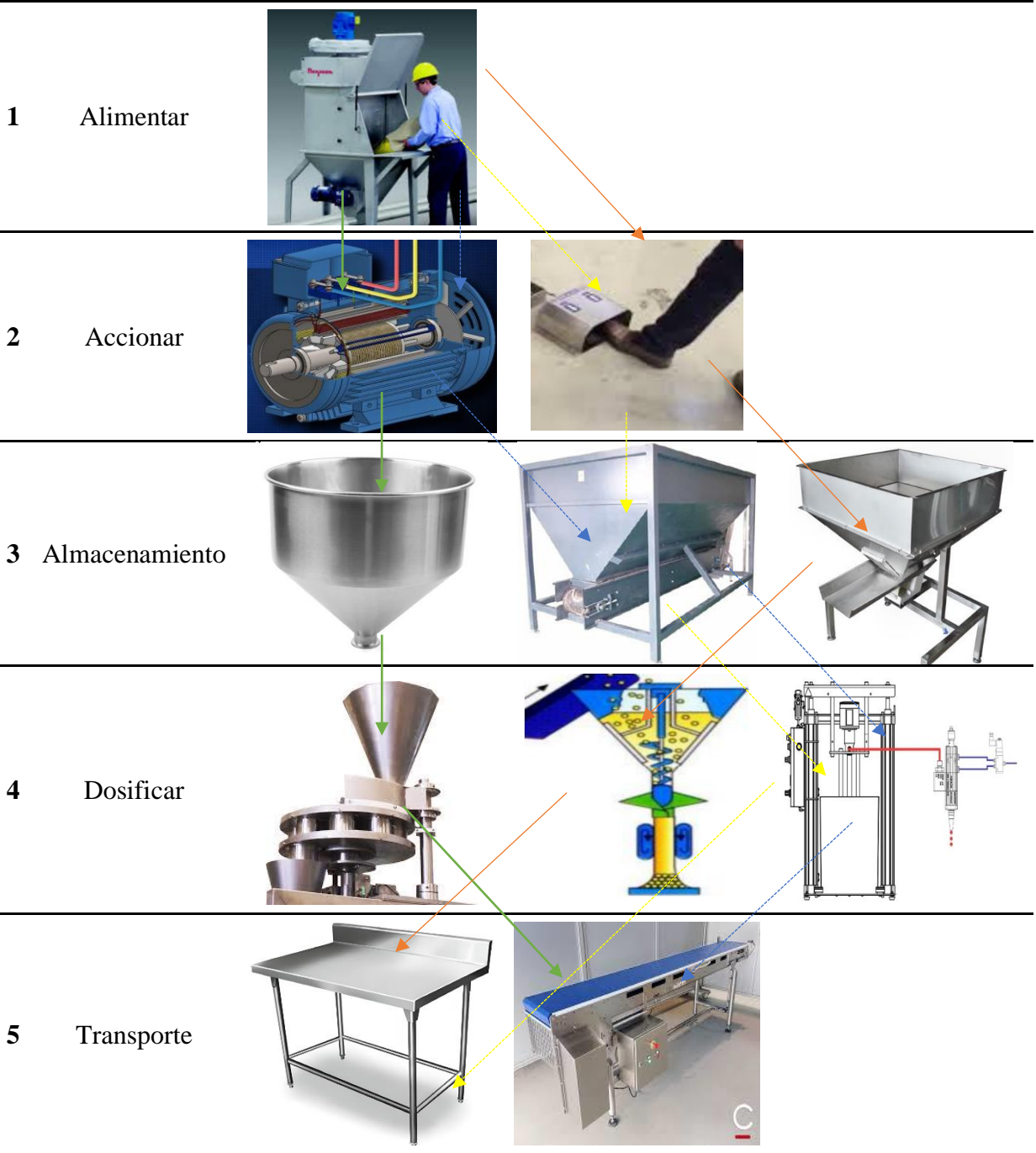
Considerando lo anterior, se elegirá acero inoxidable AISI 304 para la construcción de la tolva, recomendado para manufacturar en la industria alimentaria, hospitales, restaurantes, etc., no se oxida, no se astilla ni se corroe, no reacciona con ningún alimento, no mancha y no provoca olor desagradable.





4.2.2. Selección de alternativas de diseño

La máquina dosificadora volumétrica de masa suave para la producción de queques está constituida de tres sistemas principales: sistema de almacenamiento, dosificador y transporte.

Se cuenta con diversas opciones para la elección de estos sistemas, por lo que se elegirá la más adecuada que cumpla con las condiciones requeridas dentro de la planta piloto de la UNAS, conforme a definiciones alternas realizadas a través de la lectura de otros trabajos de investigación utilizando criterios ponderados.




4.2.3. Matriz morfológica



-  **PROYECTO 1 (P1)**
-  **PROYECTO 2 (P2)**
-  **PROYECTO 3 (P3)**
-  **PROYECTO 4 (P4)**

4.2.4. Resumen de alternativas para el sistema de almacenamiento

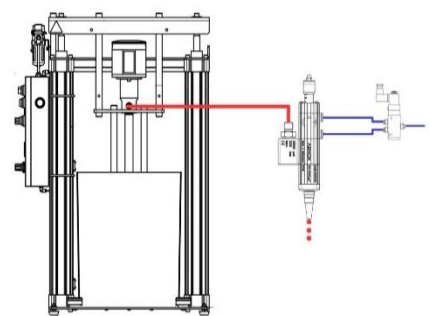
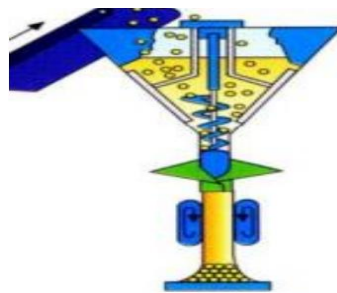
Tabla 3. Resumen de alternativas para el sistema de almacenamiento.

Tolva o silo cónico	Tolva en forma de cuña	Tolva piramidal
<p>La tolva cónica, utilizado en dispensadores de pistón para almacenar líquidos y semilíquidos por su forma de cono truncado; en este caso, el embudo está sellado y contiene líquido que se libera a medida que se mueve el pistón; conocidos también como tolvas de finos.</p>	<p>La tolva en forma de cuña, que comúnmente utilizado para almacenar material bruto o grueso proveniente de minas; en este caso, por su forma casi rectangular permite un mayor almacenamiento del material, forma parte de las tolvas de gruesos.</p>	<p>La tolva piramidal, utilizado para almacenar material bruto o grueso, además que es comúnmente utilizado en la industria de granos y cereales; en este caso, por su forma piramidal permite un desplazamiento concéntrico o excéntrico al eje de dosificación, forma parte de las tolvas de gruesos.</p>
<p>Ventajas</p>	<p>Ventajas</p>	<p>Ventajas</p>
<p>Permite un rápido desplazamiento de fluidos líquidos y semilíquidos.</p> <p>Utilizado frecuentemente en la industria de alimentos.</p>	<p>De acuerdo a su uso, puede almacenar grandes toneladas de material.</p> <p>Utilizado frecuentemente en la industria minera.</p> <p>De acuerdo al diseño, se puede adaptar varias salidas en la parte inferior para un sistema de dosificación.</p>	<p>Permite desplazamiento regular de fluidos líquidos y semilíquidos, por la forma de la pirámide trunca en su base inferior.</p> <p>Utilizado frecuentemente en la industria granos y cereales.</p> <p>De acuerdo al diseño, se puede adaptar varias salidas en la parte inferior para un sistema de dosificación.</p>
<p>Desventajas</p>	<p>Desventajas</p>	<p>Desventajas</p>
<p>Menor rango de producción, ya que al adaptarse a un sistema de dosificación este solo contaría con una salida de material o flujo que almacena.</p>	<p>Menor rango de producción; por la forma recta de dos de sus caras, para un sistema dosificador de fluidos semilíquidos, este retrasa el tiempo de vaciado por la perpendicularidad que existe con la salida del flujo.</p>	<p>Mayor tiempo de fabricación, ya que la estructura es compleja por la forma piramidal.</p>
		

4.2.5. Resumen de alternativas para el sistema de dosificación volumétrica

Tabla 4. Resumen de alternativas para el sistema dosificador.

Dosificador de vasos telescópicos	Dosificador de tornillo sin fin	Dosificador por pistón neumático
Aquí el operador debe determinar el volumen a dosificar, todo depende del requerimiento que presentará el material; el sistema operativo se puede operar de forma manual o semiautomática.	A través de este sistema se puede controlar el dosificado de productos de difícil deslizamiento por el movimiento del tornillo sin fin en el interior de la tolva; generalmente está diseñado para productos en polvo que contienen cierta cantidad de humedad.	Comúnmente utilizado para líquidos y semilíquidos; posee un pistón el cual actúa con los émbolos para inyectar o dosificar masas.
Ventajas	Ventajas	Ventajas
Son muy eficientes para polvos y gránulos y proporcionan una dosificación más rápida en comparación con otros dispensadores. Posee un bajo costo de fabricación. Requiere un menor mantenimiento.	Su funcionamiento es continuo; se utilizan para productos difíciles de deslizar. Dispone de regulador de voltaje y velocidad según sea necesario.	Generalmente su uso se emplea en líquidos y semilíquidos. La dosificación se realiza por accionamiento mecánico. Requiere un menor mantenimiento.
Desventajas	Desventajas	Desventajas
De menor precisión. Su calibración depende del material. No precisa la medición de masa.	Requiere un mantenimiento complicado. El proceso de dosificación es lento. La cantidad de dosificación es menor, por cada proceso.	Requiere un mantenimiento complicado. Su limpieza es complicada.



4.2.6. Parámetros de valoración para las alternativas

Se realizará una tabla de evaluación técnica y económica basándonos en la recomendación del VDI 2225.

Los criterios de evaluación para el diseño mecánico incluyen la facilidad de manufactura, seguridad, económico con simplicidad de operación y mantenimiento, fiabilidad, materiales idóneos, apariencia, funcionalidad, etc. Los criterios utilizados en el proceso de valoración técnica de las alternativas serán:

Función principal: Valoración de 10; se debe cumplir con el objetivo principal de la investigación, dicho objetivo es diseñar una maquina dosificadora volumétrica de masa suave para optimizar la producción de queque en la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNAS.

Simplicidad de manufactura: Valoración de 5; el criterio refiere a simplificar los sistemas estando a la vanguardia de la actualidad tecnología. Los elementos de cada sistema deben poder manufacturarse con la actual tecnología, disponibilidad de materiales comercialmente y fácilmente disponibles.

Seguridad: Valoración de 7; se debe garantizar primordialmente la seguridad del operario y del personal que se encuentra laborando dentro del laboratorio de harina y panificación.

Versatilidad: Valoración de 8; se refiere al desempeño de todos los elementos cuando se combinan con el funcionamiento normal del diseño del mecanismo. El parámetro es trascendente para las máquinas utilizadas en producción, puesto que cualquier error puede provocar fallos muy graves.

Simplicidad de mantenimiento: Valoración de 5; el mantenimiento del equipo será fundamental para aumentar la cantidad de tiempo que pueda permanecer estante; los elementos y sistemas en general de la máquina pueden fallar, por lo que los mismos deben diseñarse para ser viables en su reparación o reemplazo definitivo. Esto permite que se pueda acceder fácilmente a los elementos de los sistemas para ejecutar trabajos de montaje y/o mantenimiento; es por ello que este criterio es importante al momento de seleccionar una alternativa.

Tabla 5. Evaluación técnica.

PROYECTO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE MASA SUAVE PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA													
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)													
g: Peso ponderado en función a los criterios de evaluación													
0 = No satisface, 1 = Casi aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)													
EVALUACIÓN DE PROYECTOS		VALOR TÉCNICO X_i											
Variantes de concepto/proyecto		P1		P2		P3		P4		Solución ideal			
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Función principal	10	1	10	3	30	2	20	1	10	4	40	
2	Simplicidad de manufactura	5	2	10	2	10	3	15	3	15	4	20	
3	Seguridad	7	3	21	3	21	3	21	2	14	4	28	
4	Versatilidad	8	1	8	3	24	3	24	2	16	4	32	
5	Simplicidad de mantenimiento	5	1	5	1	5	2	10	1	5	4	20	
Puntaje máximo		54		90		90		60		140			
Valor técnico X_i		0.39		0.64		0.64		0.42		1.00			

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios utilizados en el proceso de valoración económica de las alternativas serán:

Costo de fabricación: Valoración de 5; este es un parámetro decisivo a la hora de elegir una alternativa, ya que incluye costo inicial del equipo (componentes, fabricación y técnica de desarrollo); el mecanismo a diseñar debe tener las mismas o mejores características que las existentes en el mercado, pero se debe considerar optimizar el costo de su fabricación versus la adquisición comercial.

Costo de mantenimiento: Valoración de 2; Implica además los costos de maniobras y preservación considerando el cambio o reemplazo de alguna pieza malograda.

Tabla 6. Evaluación económica.

PROYECTO: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMÉTRICA DE MASA SUAVE PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA													
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)													
g: Peso ponderado en función a los criterios de evaluación													
0 = No satisface, 1 = Casi aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)													
EVALUACIÓN DE PROYECTOS				VALOR ECONÓMICO Y_i									
Variantes de concepto/proyecto		P1		P2		P3		P4		Solución ideal			
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Costo de fabricación	5	2	10	1	5	3	15	2	10	4	20	
2	Costo de mantenimiento	2	2	4	2	4	3	6	2	4	4	8	
Puntaje máximo		14		9		21		14		28			
Valor económico Y_i		0.50		0.32		0.75		0.50		1.00			

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la ponderación se elaboró la gráfica de comparación de soluciones (ver Figura 18), se concluye que el proyecto 3 es el más factible y cercana a la ideal de acuerdo a los objetivos planteados, este consta de tres partes fundamentales y estas son: una tolva de

alimentación tipo piramidal, un sistema de dosificación neumático o semiautomático y un sistema de transporte manual.

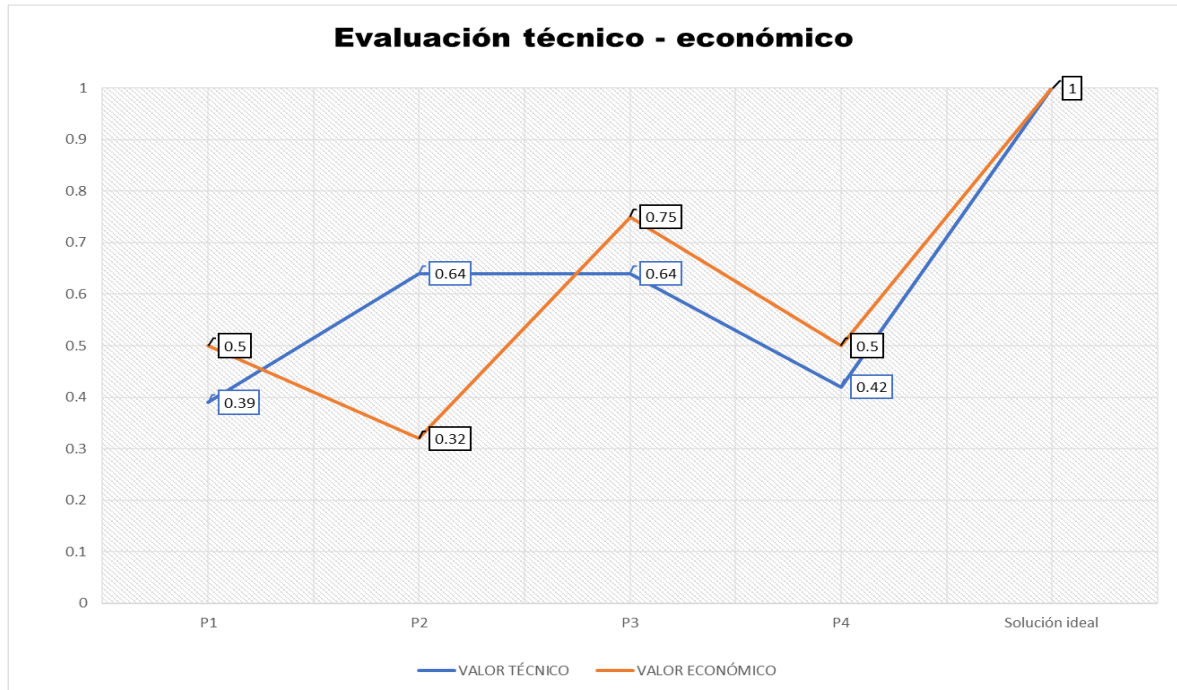


Figura 18. Comparación de soluciones

4.2.7. Diseño de la tolva de almacenamiento

El requerimiento de la tolva es de 4 boquillas para la dosificación de la masa de queques, algunos detalles adicionales se mencionan en el inciso 4.4.1.

4.2.8. Dimensiones de la tolva

Se diseñará una tolva prismática conforme a la norma española Eurocódigo 1: Acciones en estructuras, parte 4, silos y depósitos; y al procedimiento de diseño de silos de acero de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales (AICE). La AICE sugiere considerar un 20 a 30% más de volumen útil de la tolva; se considera la ecuación de la densidad, ya que relaciona la cantidad de masa en un volumen determinado.

$$V_{\text{Útil tolva}} = \frac{m_c}{\rho_c} \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

V_{tolva} = Volumen de la tolva.

ρ_c = Densidad del queque.

m_c = Masa del queque.

Reemplazando datos y desarrollando la Ecuación (1), se obtiene el volumen útil que debe tener la tolva:

$$V_{\text{Útil tolva}} = \frac{m_c}{\rho_c} = 0.024 \text{ m}^3$$

Antes de dimensionar la tolva se debe considerar saber el tipo de flujo con la que se trabajará, para el proyecto será un flujo másico (ver Figura 2).

Dada las condiciones de la masa, se requiere que la fricción sea mínima, de acuerdo con la Tabla 7 obtenida del Eurocódigo 1, las paredes tipo D1 son de rozamiento bajo clasificado como deslizante, entonces se seleccionara la categoría mencionada.

Tabla 7. Definiciones de las superficies de pared.

Categoría	Título descriptivo	Materiales de la pared típicos
D1	Rozamiento bajo clasificado como “Deslizante”	Acero inoxidable laminado en frío. Acero inoxidable pulido. Superficie con un revestimiento para bajo rozamiento. Aluminio pulido. Polietileno de peso molecular ultra elevado.
D2	Rozamiento moderado clasificado como “Liso”	Acero dulce liso (construcción soldada o atornillada). Acero inoxidable terminado con fresa. Acero al carbono galvanizado. Aluminio oxidado Superficie con un revestimiento para resistencia frente a la corrosión o el desgaste abrasivo.
D3	Rozamiento elevado clasificado como “Rugoso”	Hormigón encofrado, hormigón enfoscado u hormigón envejecido. Acero al carbono envejecido (oxidado). Acero resistente a la abrasión. Piezas cerámicas.
D4	Irregular	Paredes onduladas horizontalmente. Chapa nervada con nervios horizontales. Paredes especiales con grandes anomalías.

Fuente: Eurocódigo 1: Acciones en estructuras, parte 4: silos y depósitos (UNE 1991-4, 2011)

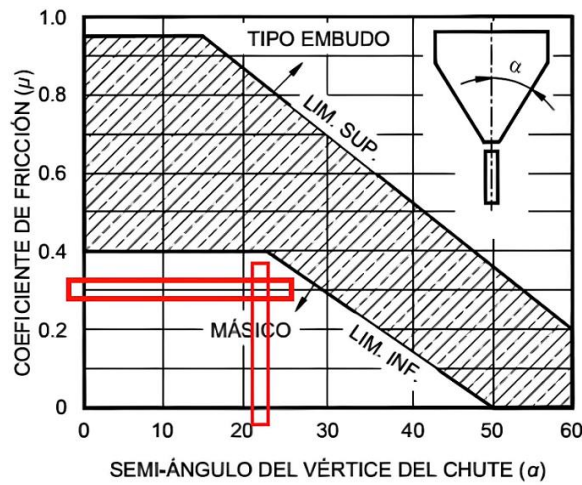
Una vez seleccionado el tipo de pared, se debe calcular la inclinación “ α ” de la tolva para ello es necesario saber el coeficiente de fricción de la pared de la tolva, entonces nos apoyaremos de la Tabla 8 obtenida del Eurocódigo 1, donde podemos observar que el tipo de pared D1 y el material por defecto que deseamos almacenar y dosificar, nos proporciona un coeficiente de fricción de la pared $\mu = 0.32$.

Tabla 8. Propiedades de los sólidos disgregados.

Tipo de sólido disgregado ^{d,e}	Peso específico ^b		Ángulo de talud natural	Ángulo de rozamiento interno			Coeficiente de presiones laterales		Coeficiente de rozamiento con la pared ^c				Coeficiente de referencia del sólido para cargas concentradas C_{op}
	γ		ϕ_r	ϕ_i			K		μ ($\mu = \tan\phi_w$)				
	γ_i	γ_s	ϕ_r	ϕ_m	a_ϕ	K_m	a_K	Tipo de pared D1	Tipo de pared D2	Tipo de pared D3	a_μ		
	Inferior	Superior		Medio	Coeficiente	Medio	Coeficiente	Medio	Medio	Medio	Coeficiente		
	kN/m ³	kN/m ³	grados	grados									
Material por defecto ^a	6,0	22,0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0	
Áridos	17,0	18,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,39	0,49	0,59	1,12	0,4	
Aluminio	10,0	12,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Mezcla de piensos	5,0	6,0	39	36	1,08	0,45	1,10	0,22	0,30	0,43	1,28	1,0	
Pensos en pellets	6,5	8,0	37	35	1,06	0,47	1,07	0,23	0,28	0,37	1,20	0,7	
Cebada ☼	7,0	8,0	31	28	1,14	0,59	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,5	
Cemento	13,0	16,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Clinker de cemento †	15,0	18,0	47	40	1,20	0,38	1,31	0,46	0,56	0,62	1,07	0,7	
Carbón ☼	7,0	10,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,44	0,49	0,59	1,12	0,6	
Carbón en polvo ☼	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5	
Coque	6,5	8,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,6	
Cenizas volantes	8,0	15,0	41	35	1,16	0,46	1,20	0,51	0,62	0,72	1,07	0,5	
Harina ☼	6,5	7,0	45	42	1,06	0,36	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,6	
Pellets de mineral de hierro	19,0	22,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,5	
Cal hidratada	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,36	0,41	0,51	1,07	0,6	
Caliza en polvo	11,0	13,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5	
Maiz ☼	7,0	8,0	35	31	1,14	0,53	1,14	0,22	0,36	0,53	1,24	0,9	
Fosfato	16,0	22,0	34	29	1,18	0,56	1,15	0,39	0,49	0,54	1,12	0,5	
Patatas	6,0	8,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,33	0,38	0,48	1,16	0,5	
Arena	14,0	16,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,38	0,48	0,57	1,16	0,4	
Escoria de clinker	10,5	12,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,48	0,57	0,67	1,16	0,6	
Semillas de soja	7,0	8,0	29	25	1,16	0,63	1,11	0,24	0,38	0,48	1,16	0,5	
Azúcar ☼	8,0	9,5	38	32	1,19	0,50	1,20	0,46	0,51	0,56	1,07	0,4	
Remolacha azucarera en pellets	6,5	7,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,35	0,44	0,54	1,12	0,5	
Trigo ☼	7,5	9,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,24	0,38	0,57	1,16	0,5	

Fuente: Eurocódigo 1, Acciones en estructuras, parte 4, silos y depósitos (UNE 1991-4, 2011)

Conociendo el coeficiente de fricción, se selecciona el ángulo de inclinación para un flujo másico, hacemos una aproximación en el rango del límite inferior del embudo con el coeficiente de fricción (ver Tabla 9); realizado este proceso se selecciona un ángulo de inclinación $\alpha = 21^\circ$.

Tabla 9. Límites de flujo másico y flujo de embudo.

Fuente: Eurocódigo 1, Acciones en estructuras, parte 4, silos y depósitos (UNE 1991-4, 2011)

La tolva estará compuesta de un paralelepípedo y un tronco de pirámide, entonces el volumen de diseño sería la suma de los volúmenes de ambas figuras, por lo que se tendrá:

$$V_{\text{tol.pris}} = L_1 \times L_2 \times H_1 + \frac{1}{3} \left[H_2 \times (L_1 \times L_2 + L_3 \times L_4 + \sqrt{L_1 \times L_2 \times L_3 \times L_4}) \right] \dots \text{Ecuación (2)}$$

Dimensionando las longitudes de acuerdo a las condiciones y en función de las bandejas existentes en el laboratorio de harina y panificación, se tiene:

Tabla 10. Dimensiones propuestas para la tolva.

	L_1	L_2	L_3	L_4	H_1	H_2
Longitud (m)	0.280	0.400	0.203	0.323	0.136	0.100

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

L_1 = Ancho parte rectangular.

L_2 = Largo parte rectangular.

L_3 = Ancho parte prismática.

L_4 = Largo parte prismática.

H_1 = Altura parte rectangular.

H_2 = Altura parte prismática.

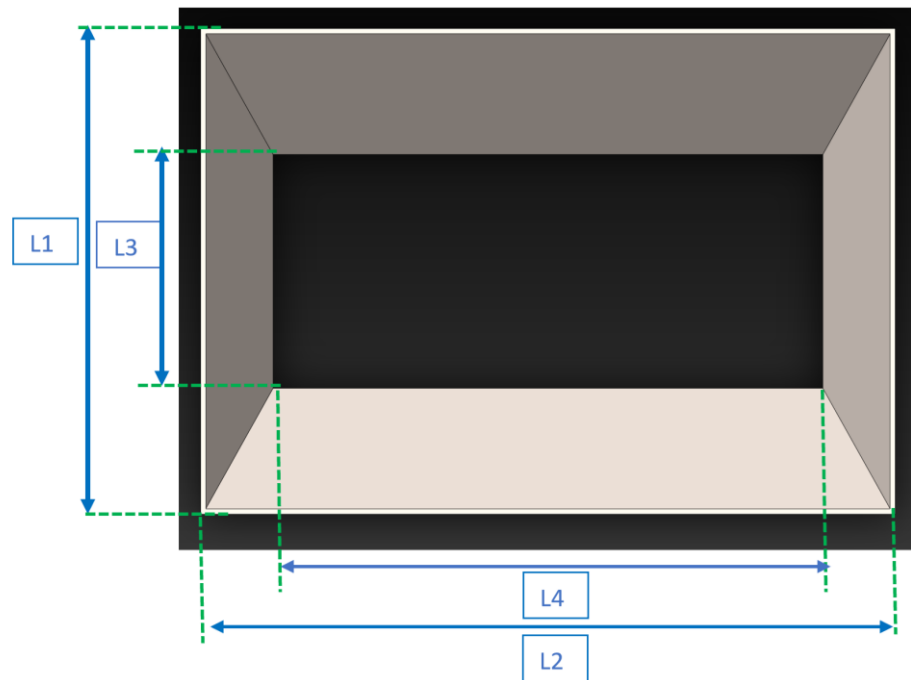


Figura 19. Vista frontal de la tolva.

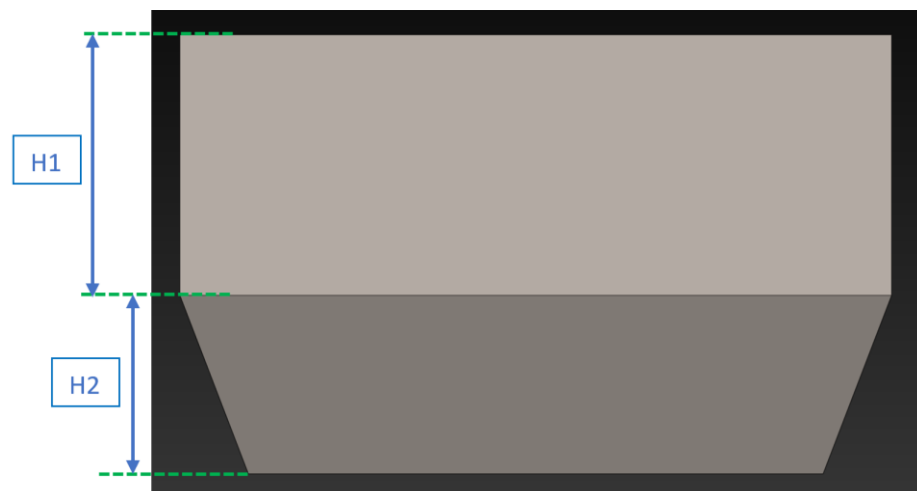


Figura 20. Vista lateral de la tolva.

Remplazando valores de la Tabla 10 en la Ecuación (2), se obtiene el volumen de diseño de la tolva:

$$V_{\text{tol,pris}} = 0.031 \text{ m}^3$$

Con ello, se verifica que se cuenta con el 30% adicional de volumen útil en la tolva.

4.2.9. Cálculo de presiones de llenado en la tolva

El Eurocódigo 1 menciona que, si la inclinación de la forma piramidal de la tolva con la horizontal es mayor a 20° , se debe realizar el cálculo de la presión normal o perpendicular en toda la zona piramidal; entonces se tiene las siguientes ecuaciones:

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + (P_{n1} - P_{n2}) * \frac{x}{L_n} \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (3)}$$

Considerando que:

$$P_{n1} = P_{\text{vft}} * (C_b * \text{sen}^2 \alpha + \text{cos}^2 \alpha) \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$P_{n2} = P_{\text{vft}} * C_b * \text{sen}^2 \alpha \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$P_{n3} = 3 * \frac{A}{U} * \frac{\gamma * K}{\sqrt{\mu}} * \text{cos}^2 \alpha \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

P_{n1} = Presión en la tolva debida a la presión vertical del material almacenado en transición.

P_{n2} = Presión en la tolva debida a la presión vertical del material almacenado en transición.

α = Ángulo de inclinación de la tolva respecto al eje vertical.

x = Es la longitud comprendida entre x y L_n .

P_{n3} = Es la presión en la tolva debido al material contenido en esta.

C_b = Coeficiente de mayoración de cargas en el fondo.

P_{vft} = Es la presión vertical P_{vt} que actúa en la transición después del llenado.

μ = Es el coeficiente de rozamiento con la pared de tolva (límite inferior).

K = Es el valor de característico de coeficientes de presiones laterales en pared vertical.

A = Es el área de sección trasversal en el segmento de pared vertical.

U = Es el perímetro interior de la sección trasversal del segmento pared vertical.

Para determinar los valores de A y U se realiza un corte en la pared vertical de la tolva (ver Figura 21). También se muestra las presiones que actúan en la tolva (ver Figura 22).

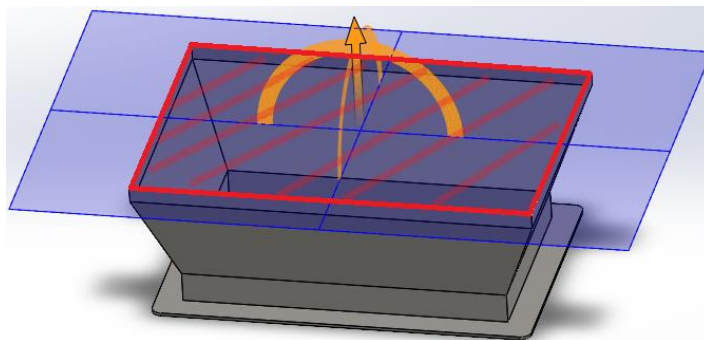


Figura 21. Corte transversal a la región plana de la tolva.

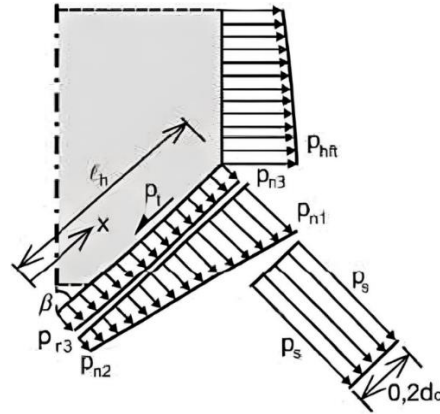


Figura 22. Esquema de presiones de llenado en el fondo de la tolva (AICE, 2015).

Para desarrollar las ecuaciones 3,4,5 y 6 también se debe considerar que:

$$P_{vft} = \gamma * z_V \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$z_V = h_0 - \frac{1}{n-1} * \left(z_0 - h_0 - \frac{(z+z_0-2*h_0)^{n+1}}{(z_0-h_0)^n} \right) \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$h_0 = \frac{d_c}{4} * \tan \Phi_r \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$z_0 = \frac{1}{K * \mu} * \frac{A}{U} \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$n = -(1 + \tan \Phi_r) * \left(1 - \frac{h_0}{z_0} \right) \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

Φ_r = Ángulo de rozamiento interno del material (ver Tabla 10).

γ = Valor característico del peso específico (ver Tabla 10).

h_0 = Es el valor de z en el punto más elevado entre el material y la pared.

d_c = Dimensión característica de la sección transversal interna del silo.

h_0 = Profundidad bajo la superficie equivalente de la base del cono superior.

z_0 = Profundidad característica de Janssen.

z = Es la profundidad desde la superficie equivalente del material.

Desarrollando simultáneamente las ecuaciones 9,10 y 11, se obtiene:

$$h_0 = \frac{0.203}{4} * \tan 40^\circ = 0.043$$

$$z_0 = \frac{1}{0.5 * 0.32} * \frac{0.112}{1.36} = 0.515$$

$$n = -(1 + \tan 40^\circ) * \left(1 - \frac{0.043}{0.515} \right) = -1.686$$

Luego, reemplazando estos valores en la Ecuación 8 se obtendrá el valor de z_V :

$$z_V = 0.043 - \frac{1}{-1.686 - 1} * \left(0.515 - 0.043 - \frac{(0.136 + 0.515 - 2 * 0.043)^{-1.686 + 1}}{(0.515 - 0.043)^{-1.686}} \right) = 0.063$$

Teniendo el valor de z_V , se desarrolla la Ecuación 7, encontrando el siguiente valor:

$$P_{vft} = 22 * 0.063 = 1.386 \text{ KN/m}^3$$

Resolviendo simultáneamente las ecuaciones 4,5 y 6 se tiene los valores de las presiones

P_{n1} , P_{n2} y P_{n3} :

$$P_{n1} = 1.386 * (1.3 * \text{sen}^2 21 + \text{cos}^2 21) = 1.439$$

$$P_{n2} = 1.386 * 1.3 * \text{sen}^2 21 = 0.231$$

$$P_{n3} = 3 * \frac{0.112}{1.36} * \frac{22 * 0.5}{\sqrt{0.32}} * \text{cos}^2 21 = 4.187$$

Para calcular la Ecuación 3, se considera un intervalo de 2 cm en la diagonal desde el punto más bajo de la tolva hasta el área de transición, para obtener una tabla de presiones; así calcular un promedio (ver Tabla 11):

$$P_n = 4.187 + 0.231 + (1.439 - 0.231) * \frac{x}{L_n}$$

Donde:

x = Intervalo de diagonal de tolva prismática.

L_n = Longitud diagonal de la tolva prismática.

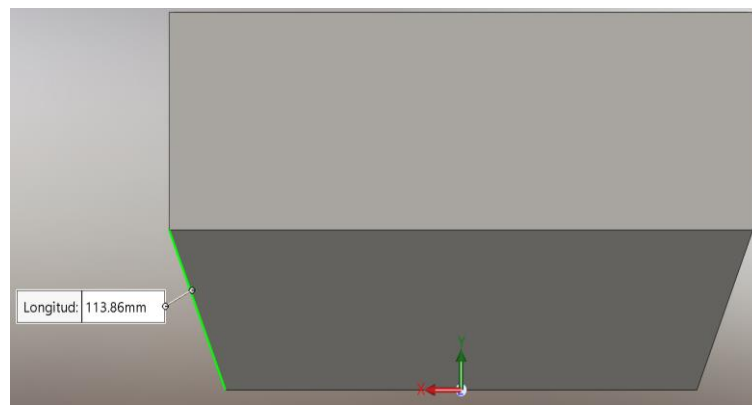


Figura 23. Longitud diagonal de la parte prismática de tolva.

Tabla 11. Cálculo de presiones en la parte prismática tolva.

Punto	x (m)	L_n (m)	Presión resultante (KN/m ²)
1	0.020	0.114	4.629
2	0.040	0.114	4.841
3	0.060	0.114	5.053
4	0.080	0.114	5.266
5	0.100	0.114	5.478
6	0.114	0.114	5.626

Se considerará la presión media: $P_{me} = 5.149 \text{ KN/m}^2$

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que el diseño propuesto para la tolva, debe ser resistente a las presiones normales calculadas en la misma.

4.2.10. Espesor de la tolva

Para determinar el espesor adecuado del material, se considerará que este es de acero inoxidable AISI 304 como ya se mencionó anteriormente; para ello, se debe calcular los momentos originados por el peso del material sobre las paredes, utilizando las propiedades mecánicas del material elegido (ver Tabla 12), luego se analiza el espesor mínimo válido para soportar las presiones a las que estará sometida.

Tabla 12. Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304/304L.

PROPIEDADES MECÁNICAS				
AISI	Esfuerzo Fluencia (mín.) MPa	Esfuerzo Tracción (mín.) MPa	Elongación (mín.) %	Dureza (máx.) Brinell (HB)
304	205	515	40	201
304L	170	485	40	201

Fuente: Aceros del Ecuador.

Como ya se mencionó, es necesario calcular el momento flector máximo a la que estará sometida las paredes de la tolva, para ello se debe considerar la ecuación:

$$M_{\max t} = \varphi * P_{\text{media}} * a_{\text{eq}}^2 * b_{\text{eq}} \quad \dots \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

$M_{\max t}$ = Momento flector máximo.

P_{media} = Presión normal media.

a_{eq} = Longitud equivalente más larga.

b_{eq} = Longitud equivalente más corta.

φ = Es la relación de lados tabulados experimentalmente.

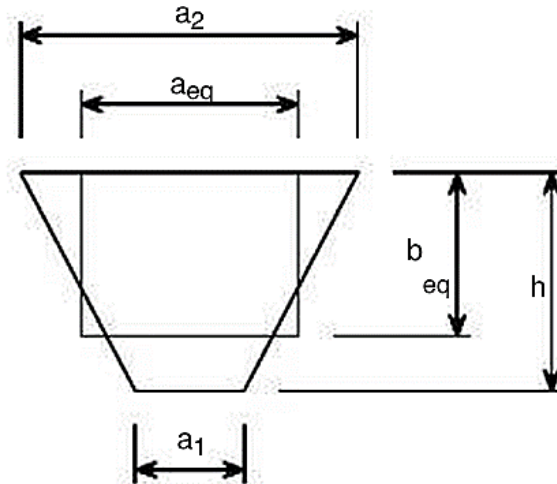


Figura 24. Características de la tolva para calcular el espesor parte prismática (AICE, 2015).

Para desarrollar la Ecuación 12, según el Eurocódigo 1 se debe considerar:

$$a_{eq} = \frac{2 \cdot a_2 (2 \cdot a_1 + 2 \cdot a_2)}{3 \cdot (a_1 + a_2)} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (13)}$$

$$b_{eq} = h - \frac{a_2 \cdot (a_2 + a_1)}{6 \cdot (a_1 + a_2)} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (14)}$$

$$r_{ld} = \frac{b_{eq}}{a_{eq}} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (15)}$$

Desarrollando de forma simultánea las ecuaciones 13,14 y 15 se obtiene:

$$a_{eq} = \frac{2 \cdot 0.4 (2 \cdot 0.323 + 2 \cdot 0.4)}{3 \cdot (0.323 + 0.4)} = 0.53$$

$$b_{eq} = 0.1 - \frac{0.4 \cdot (0.4 + 0.323)}{6 \cdot (0.4 + 0.323)} = 0.093$$

$$r_{ld} = \frac{0.093}{0.53} = 0.175$$

Como se puede apreciar en la Tabla 13, la relación de lados tiene el mismo valor que la Ecuación 15, por lo que en adelante se considerará a dicho valor como el coeficiente de lados “ φ ”; para el proyecto el valor de φ encontrado es menor a la unidad, por lo que se seleccionará $\varphi = 0.0513$, ya que es el valor normalizado más próximo calculado experimentalmente.

Tabla 13. Relación de lados acorde al Instituto Técnico de la Estructura en Acero.

b_{eq}/a_{eq}	1	1.25	1.5	1.75	2	>2.5
φ	0.0513	0.0665	0.0757	0.0817	0.0829	0.0833

Fuente: Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA, 2000)

Una vez obtenido los valores requeridos de la Ecuación 12, se reemplazará los valores obteniendo como resultado:

$$M_{maxt} = 0.0513 * 5149 * 0.53^2 * 0.093 = 6.9 \text{ N.m}$$

El ITEA menciona que, para calcular el espesor del material se debe considerar las siguientes fórmulas:

$$e^2 = \frac{6 * M_{maxt}}{\sigma_{fmat}} \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$\sigma_{fmat} = S_{ut} * f_s \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

e = Espesor de la plancha a utilizar.

σ_{mat} = Resistencia a la flexión del material.

S_{ut} = Resistencia a la tracción del acero inoxidable AISI 304.

F_s = Factor de seguridad se consideró 7 a criterio del diseñador.

De acuerdo con la Tabla 12, se tiene un valor de $S_{ut} = 515 \text{ MPa}$ para el acero inoxidable AISI 304, entonces resolviendo simultáneamente las ecuaciones 16 y 17 se obtiene:

$$\sigma_{\text{fmat}} = 515 * 7 = 3605 \text{ MPa} = 3605000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$e = \sqrt{\frac{6 * 6.9}{3605 * 10^6}} = 0.107 * 10^{-3} \text{ m} = 0.107 \text{ mm}$$

Del resultado obtenido, se seleccionará una plancha comercial de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor, ya que es superior al rango mínimo calculado, así evitar cualquier tipo de daño por soldadura y otros factores.

4.2.11. Simulación por elementos finitos al diseño de la tolva

Para comprobar si la estructura diseñada es eficiente y soporta los esfuerzos generados por la masa de queque, se realizó un análisis estático de la tolva, considerando la estructura de soporte y la altura que se considerara el diseño. A continuación, se muestra los resultados del análisis de von mises (ver Figura 25), el cual nos dice que estáticamente la estructura soporta una presión mínima de 0.003 MPa y una máxima de 10.340 MPa; estas son inferiores al límite elástico del material, por lo que se considera el diseño aceptable.

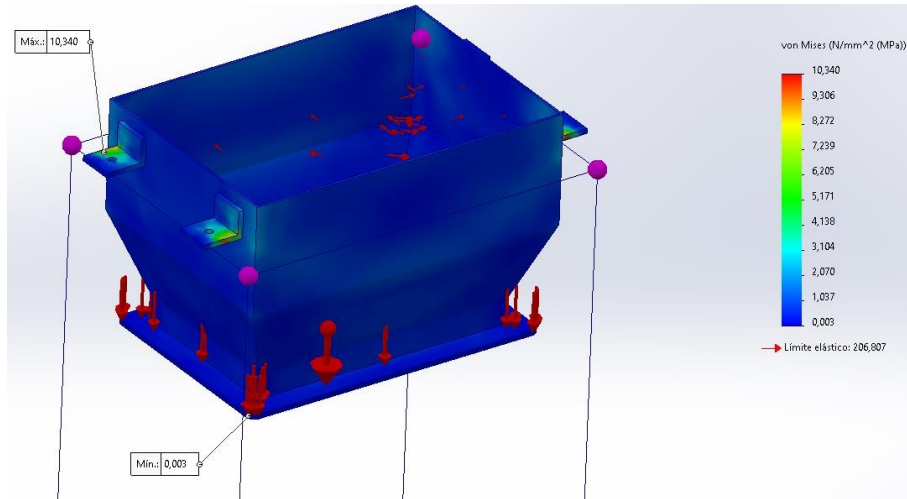


Figura 25. Resultados del análisis de von mises del sistema tolva – estructura.

También se verifico el desplazamiento del sistema tal y como se puede apreciar (ver Figura 26), se genera un desplazamiento máximo de 0.036 mm, cuando la tolva esta con su capacidad máxima y estáticamente, este desplazamiento no afecta al sistema.

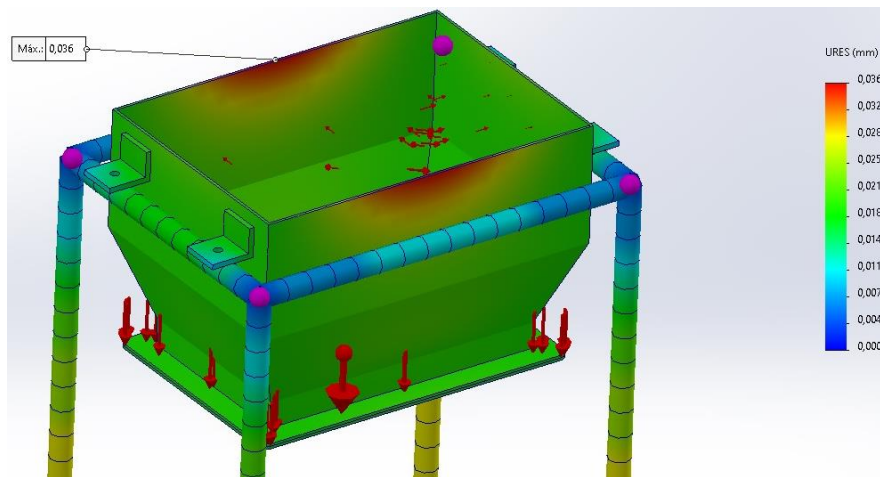


Figura 26. Resultados de los desplazamientos del sistema tolva – estructura.

Finalmente, se aprecia (ver Figura 27) un factor de seguridad mínimo de 20 para la tolva y de 70.592 para la estructura, por lo que se considera aceptable el diseño.

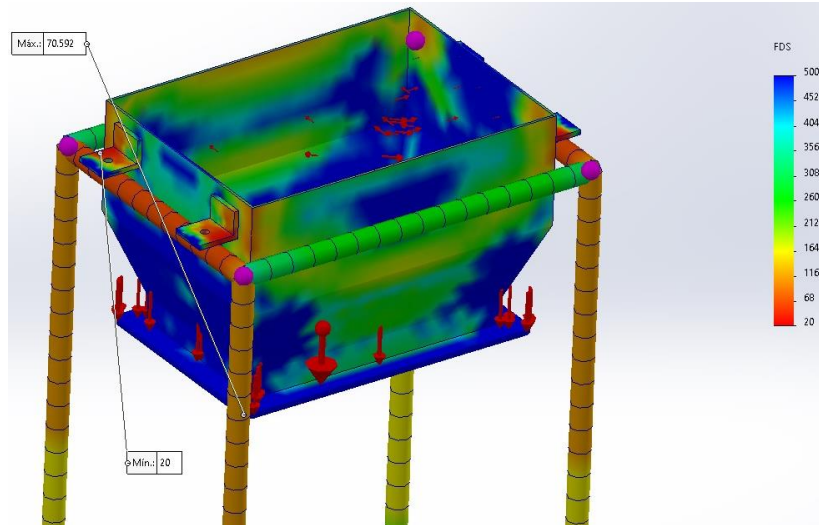


Figura 27. Resultados del factor de seguridad del sistema tolva – estructura.

4.2.12. Dimensiones de la boquilla y émbolo de dosificación

Para dimensionar la boquilla de dosificación, se debe considerar la capacidad de volumen y masa que puede almacenar cada molde para ello se tendrá en cuenta las dimensiones obtenidas en el laboratorio de harina y panificación (ver Anexo A).

Tabla 14. Dimensiones de molde existente.

	R_1	h_1	r_1
Longitud (m)	0.035	0.033	0.025

Fuente: Elaboración propia.

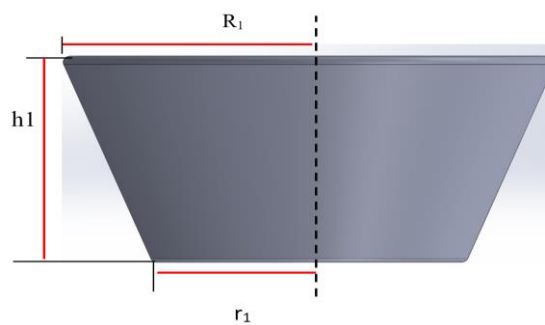


Figura 28. Geometría de molde existente.

Donde:

R_1 = Radio mayor de molde.

h_1 = Altura de molde.

r_1 = Radio menor de molde.

El molde tiene la geometría de un cono truncado, entonces la fórmula del volumen es:

$$V_{\text{mol}} = \frac{\pi * h_1}{3} * (R_1^2 + r_1^2 + R_1 * r_1) \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (18)}$$

Resolviendo la Ecuación (18) se obtiene el siguiente resultado:

$$V_{\text{mol}} = \frac{\pi * 0.033}{3} * (0.035^2 + 0.025^2 + 0.035 * 0.025) = 0.000094 \text{ m}^3$$

El molde tiene la capacidad de recibir 94 cm^3 de masa; se requiere 55 g de masa de queque (ver Anexo A); la Ecuac. (1) determinará el volumen que debe tener la boquilla:

$$V_{\text{boquilla}} = V_{\text{queque req}} = \frac{m_{\text{queque req}}}{\rho_{\text{queque}}} = \frac{55}{0.98} = 56.12 \text{ cm}^3$$

Con el volumen determinado, se propone la siguiente geometría y dimensiones para la boquilla de dosificación (ver Tabla 15) con una geometría de un cilindro y un cono truncado:

$$V_{\text{boq}} = \pi * k_1^2 * t_1 + \frac{\pi * t_2}{3} * (k_1^2 + k_2^2 + k_1 * k_2) \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (19)}$$

Tabla 15. Dimensiones de la boquilla de dosificación.

	K₁	K₂	T₁	T₂
Longitud (m)	0.02138	0.00491	0.0335	0.0774

Fuente: Elaboración propia.

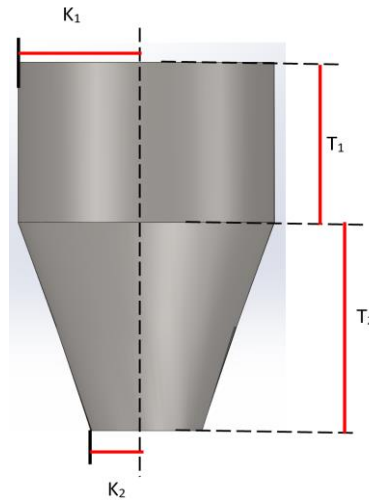


Figura 29. Boquilla de dosificación propuesta.

Con los valores propuestos se desarrolla la Ecuación (19) y se obtiene:

$$V_{\text{boq}} = \pi * 0.02138^2 * 0.0335 + \frac{\pi * 0.0774}{3} * (0.02138^2 + 0.00491^2 + 0.02138 * 0.00491)$$

$$V_{\text{boq}} = 0.000095 \text{ m}^3$$

Del resultado obtenido, se garantiza que el volumen total de la boquilla llene por completo el molde, pero el requerimiento es tener 55g de masa en el molde; por lo que se recurre a la ecuación del volumen de un cilindro para determinar la distancia que debe recorrer y la que debe tener en caso del proyecto el émbolo. Dado a la geometría del émbolo, el recorrido del mismo será a través de una sección cilíndrica, esto conlleva que el espacio que ocupará la masa, será la misma que la del émbolo:

$$V_{\text{émbolo}} = V_{\text{que req}} = \pi \frac{d^2}{4} X_e \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

d = Diámetro del émbolo, será igual a K1 de la boquilla.

X_e = Espesor que debe tener el émbolo del pistón.

Desarrollando la ecuación (20), se obtiene el espesor que debe tener el émbolo:

$$56.12 \text{ cm}^3 = \pi \frac{4.276^2}{4} X_e$$

$$X_e = 3.9 \text{ cm}$$

Para garantizar el funcionamiento correcto del sistema dosificador, este debe tener el menor peso posible, por lo que el émbolo se diseñará con teflón y acero AISI 304.

Tabla 16. Dimensiones del émbolo.

	d (m)	X_e (m)	Masa (g)
Tamaño	0.04276	0.039	165.56

Fuente: Elaboración propia.

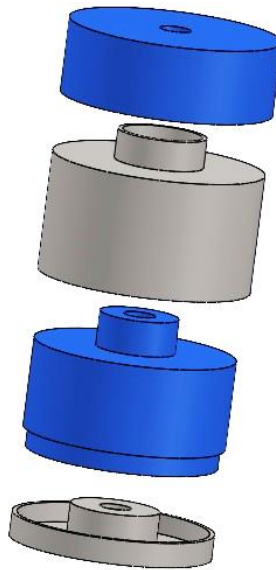


Figura 30. Émbolo dosificador propuesto.

4.2.13. Elementos del sistema de dosificación

Para calcular la fuerza necesaria que se requiere para vencer las diferentes fuerzas del sistema dosificador, se mencionará las partes que lo compondrán: émbolos (diseñado también con teflón), plancha de acople, pernos y vástago acero inoxidable AISI 304.

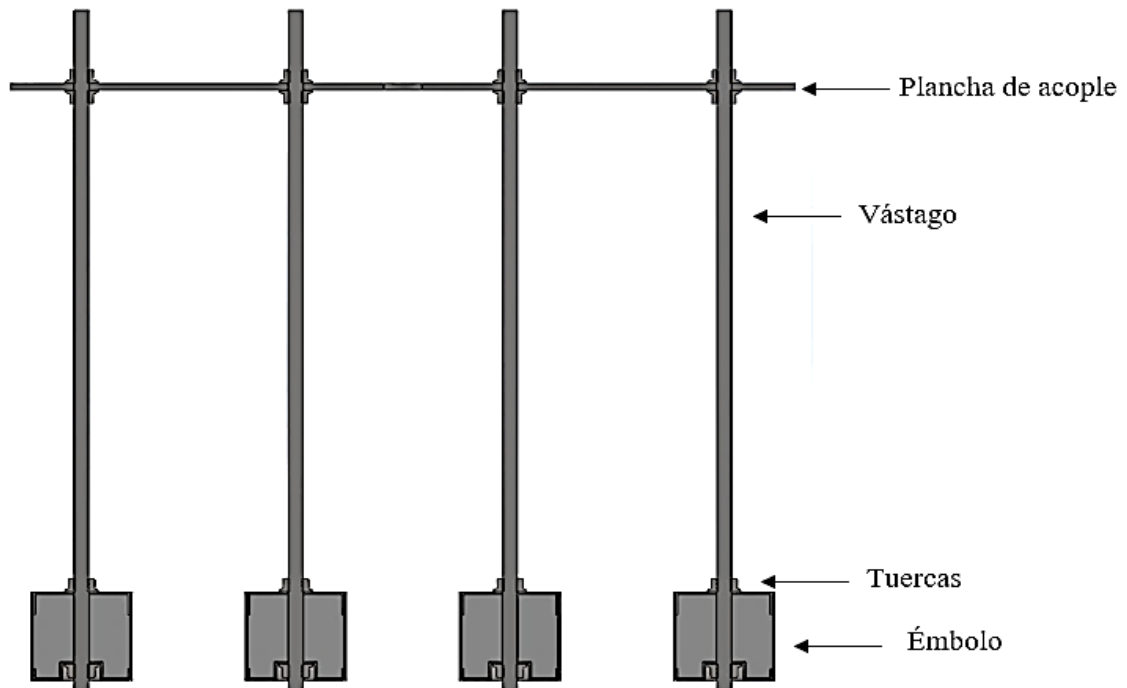


Figura 31. Mecanismo de dosificación.

Para encontrar la fuerza resultante, se debe conocer también, las dimensiones de la plancha de acople que tiene como función sujetar a los 4 vástagos y émbolos; por otra parte, el vástago cumple la función transmitir la fuerza del pistón neumático hacia el émbolo.

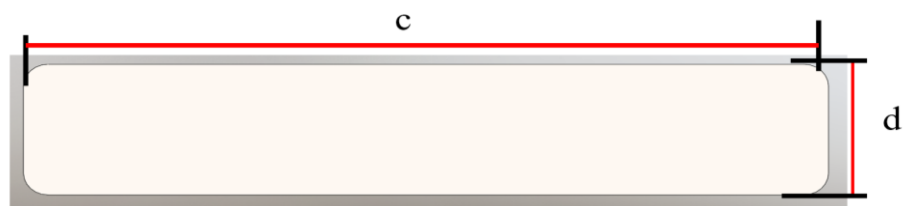


Figura 32. Esquema de la plancha de acople.



Figura 33. Esquema del vástago.

La Tabla 17 muestra las dimensiones de la plancha de acople, vástago y tuerca.

Tabla 17. Dimensiones de la plancha de acople, vástago y perno.

Elemento	c (m)	d (m)	e (mm)	Φ (in)	s (m)	Masa (g)
Plancha de acople	0.31	0.06	3.0	-	-	465.27
Vástago	-	-	-	¼	0.30	73.0
Tuerca	-	-	-	-	-	3.767

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

c = Largo de la plancha (m).

d = Ancho de la plancha (m).

e = Espesor de la plancha (m).

Φ = Diámetro del vástago (in).

s = Longitud del vástago (m).

4.2.14. Cálculo de la velocidad y aceleración del mecanismo de dosificación

Para realizar el cálculo de velocidad con la que actuará el mecanismo de dosificación, se recurrirá a la fórmula de la cinemática, considerando que el sistema parte del reposo.

$$V = \frac{e}{t} \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

v = Velocidad del mecanismo (m/s).

e = Carrera del pistón neumático es igual a $2Xe$ (m).

t = Tiempo de carrera, se asumirá 3 (s).

Desarrollando la Ecuación 21, se obtendrá la velocidad requerida para el movimiento del mecanismo:

$$v = \frac{0.078}{3} = 0.029 \text{ m/s}$$

El análisis de fuerzas sobre el pistón del mecanismo requiere de la aceleración para su cálculo, recurriendo a la siguiente fórmula de la cinemática de un cuerpo, considerando que parte del reposo.

$$v = v_0 + a*t \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (22)}$$

Donde:

a = Aceleración del mecanismo (m/s²).

v = Velocidad del mecanismo (m/s).

t = Tiempo de carrera, se asumirá 3 (s).

v_0 = Velocidad inicial del mecanismo, en este caso parte del reposo (m/s).

La velocidad inicial del mecanismo será $v_0 = 0$ ya que parte del reposo, por lo tanto:

$$a = \frac{0.029}{3} = 0.009 \text{ m/s}^2$$

4.2.15. Análisis de fuerzas del mecanismo de dosificación

Se realizará un análisis de todas las fuerzas que actúan en el mecanismo de dosificación, por lo que se considerará un diagrama de cuerpo libre.

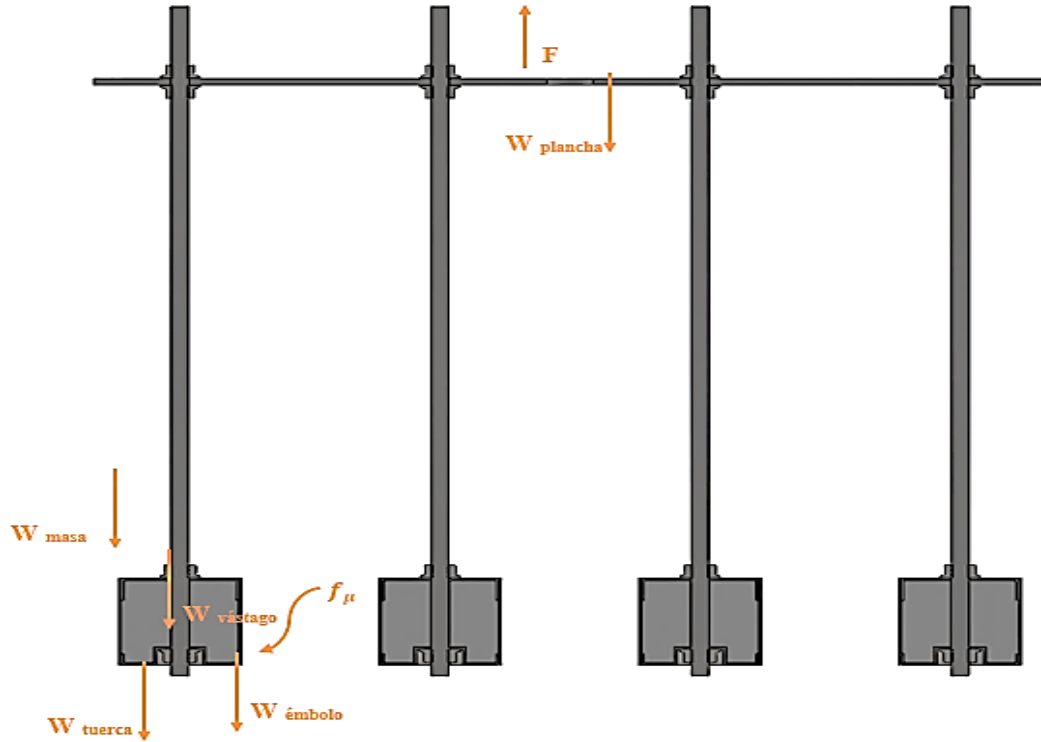


Figura 34. Diagrama de cuerpo libre del sistema dosificador.

Donde:

F = Fuerza requerida para subir el mecanismo.

W_{masa} = Peso de la masa de queque.

$W_{vást.}$ = Peso de cada vástago.

W_{tuerca} = Peso de cada tuerca en el sistema.

$W_{émbol.}$ = Peso de cada émbolo en el sistema.

f_{μ} = Coeficiente de fricción entre el embolo y la boquilla.

Para hallar la fuerza “F”, es necesario aplicar la segunda ley de newton:

$$\sum F = m \cdot a \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (23)}$$

Reemplazando en la Ecuac. (23) y considerando el coeficiente de fricción un 10% de la fuerza de subida:

$$F - W_{\text{masa}} - 4W_{\text{vástago}} - 16W_{\text{tuerca}} - 4W_{\text{émbolo}} - W_{\text{plancha}} - 4f_{\mu} = m_{\text{total}} \cdot a \quad \dots\dots \quad \text{Ecuación (24)}$$

$$m_{\text{total}} = m_{\text{plancha}} + m_{\text{masa}} + 4m_{\text{vástago}} + 16m_{\text{tuerca}} + 4m_{\text{émbolo}} \quad \dots\dots \quad \text{Ecuación (25)}$$

Desarrollando la Ecuación (25) y (24), se obtiene los valores de la fuerza F:

$$m_{\text{total}} = 0.46527 + 20 + 4 \cdot 0.073 + 16 \cdot 0.003767 + 4 \cdot 0.16556 = 21.48 \text{ kg}$$

$$F - 9.81(21.48) - 4 \cdot 10\%F = 21.48 \cdot 0.009$$

$$F = 351.52 \text{ N}$$

4.2.16. Cálculo de la presión ejercida por el pistón neumático

Primeramente, será necesario conocer cuál es la presión en la salida de la boquilla.

$$F = P_{\text{boq}} \cdot A_{\text{boq}} \quad \dots\dots\dots \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

F' = Fuerza distribuida accionada en cada émbolo.

P_{boq} = Presión en la boquilla.

A_{boq} = Área de la salida de la boquilla.

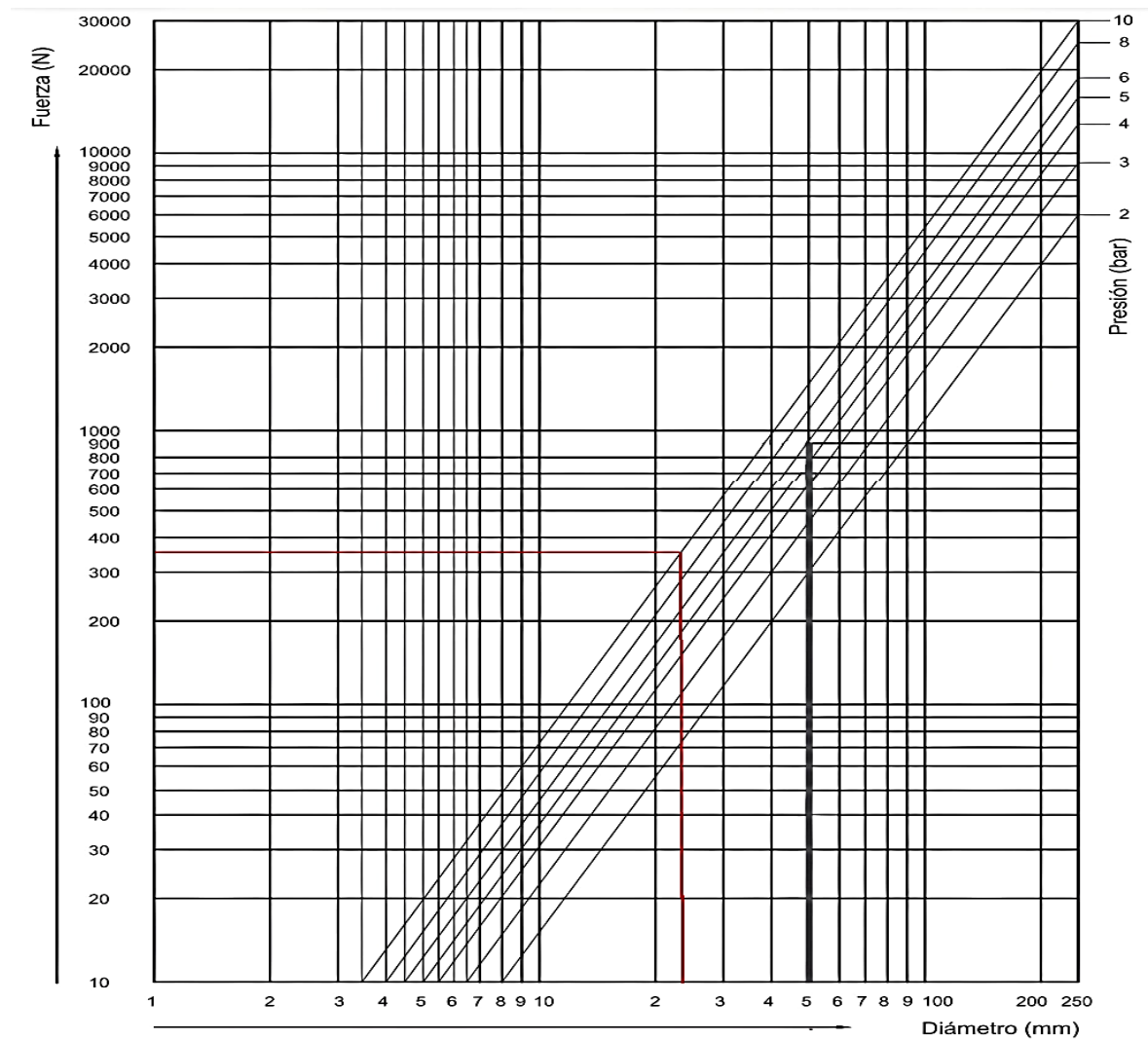
Desarrollando la Ecuación (26):

$$351.52 = P_{\text{boq}} * (\pi * 0.02138^2)$$

$$P_{\text{emb}} = P_{\text{boq}} = 244784.41 \text{ Pa} = 2.45 \text{ bar}$$

La presión en la boquilla será igual a la del émbolo y esta se transmite al mecanismo de dosificación, por lo que se considera que el sistema trabajará bajo 4 veces esta presión mencionada; se debe seleccionar un pistón que trabaje aproximadamente a 9.8 bar.

Tabla 18. Nomograma de fuerza - presión.



Fuente: Catálogo actuadores neumáticos micro (2023).

De acuerdo con la Tabla 18, se debe seleccionar un pistón neumático 25 mm de diámetro del cilindro que trabaje a una presión mayor a los 9.8 bar, entonces seleccionamos un pistón neumático existente de 32 mm doble efecto DNC Series ISO6431 Standard Cylinder, modelo DNC 32X50-S, con las siguientes características.

4.2.17. Selección de los componentes básicos para el sistema neumático

A continuación, se muestra el diagrama funcional del sistema.

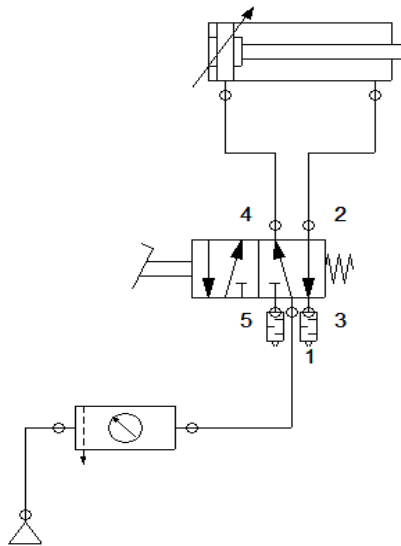


Figura 35. Diagrama neumático del sistema dosificador.

4.2.18. Descripción de los componentes neumáticos seleccionados

La fuente de aire comprimido, permitirá el accionamiento semiautomático del sistema.

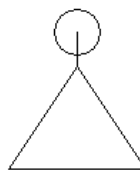


Figura 36. Simbología de fuente de aire.

La unidad de mantenimiento FRC, regulará la presión, lubricación y filtro de aire del sistema dosificador.

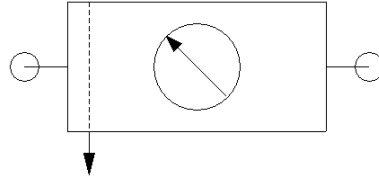


Figura 37. Simbología de unidad de mantenimiento FRC.

La válvula neumática de pedal 5/2, nos permitirá el control de la salida de aire en el sistema dosificador, cambiando la posición del pistón.

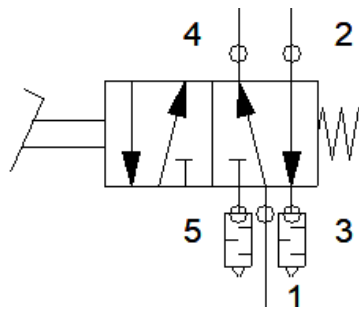


Figura 38. Simbología de válvula neumática tipo pedal, con silenciadores.

Pistón neumático, es la que impulsará al sistema dosificador, la fuerza generada permitirá el desplazamiento del émbolo para proporcionar la cantidad requerida de masa de queque a los moldes.

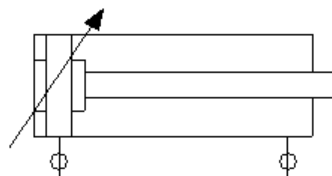


Figura 39. Simbología de cilindro neumático.

4.3. Optimizar el tiempo de producción

El tiempo de dosificado manual de la masa de queque a los moldes es aproximadamente de 80 minutos (ver Anexo A); se fijó un tiempo de 3 segundos para llenar 55g de masa por molde. Las bandejas existentes son de 4x6 números de moldes, es decir 4 moldes por fila y 6 por columna; el diseño propuesto cuenta con 4 boquillas dosificadoras, por lo que tomará 3 segundos en llenar 4 moldes; se estimará que el desplazamiento manual de una fila a otra efectuada por el operario será, en el peor de los casos, 7 segundos.

La producción será de 24 moldes por minuto, para una masa de 20 kg se mencionó que el tiempo de dosificado es aproximadamente 80 minutos, considerando que el desplazamiento del operario para colocar cada bandeja a la maquina es de 90 segundos y el requerimiento es de 15 bandejas de 24 moldes cada una, entonces el tiempo requerido será de 35 minutos con 30 segundos; considerando la eficiencia del tiempo de producción por la siguiente formula:

$$e = \frac{\text{Tiempo actual de produccion} - \text{Tiempo de produccion estimado}}{\text{Tiempo de produccion estimado}} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación (27)}$$

Resolviendo la ecuación 27, se obtiene:

$$e = \frac{80 - 35.5}{35.5} \times 100 = 125\%$$

El tiempo de dosificado será 125% más eficiente, reduciéndolo en 45.5 minutos.

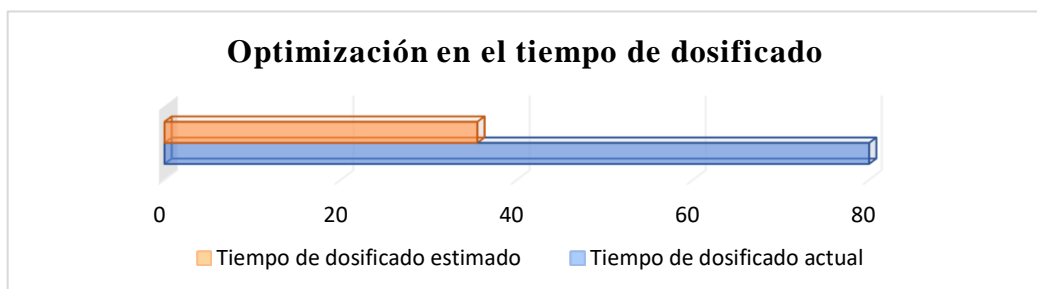


Figura 40. Eficiencia tiempo actual – tiempo estimado.

4.4. Realizar una comparativa económica para la implementación del diseño

4.4.1. Costos directos

Son costos que se relacionan de forma directa en el proceso constructivo de la maquina dosificadora: suministro de materiales, componentes neumáticos y gastos generales.

Tabla 19. Costos por suministro de materiales.

Suministro de materiales					
ID	Descripción	UND	Precio unitario (S/.)	Metrado	Total (S/.)
1.00 Tolva, perfiles y mesa de trabajo					
1.01	Plancha de acero inoxidable AISI 304/304L de 1500 x 3000 mm	Und	1,430.82	1.00	1,430.82
1.02	Barra de acero inoxidable C-304 de 6.05 m x Ø 2"	m	226.27	3.03	685.60
1.03	Tubo cuadrado de acero laminado en frío 2.54 cm x 600 cm de 1.2 mm espesor	Und	25.10	27.00	677.70
1.04	Perno hexagonal de acero inoxidable AISI 304	Und	0.50	24.00	12.00
1.05	Perno hexagonal acero inoxidable 5/16" X 6"	Und	2.80	16.00	33.60
1.06	Tornillo autorroscantes de cabeza braguero M2 AISI 304	Und	7.64	16.00	122.24
Parcial					2,961.96
2.00 Sistema dosificador					
2.01	Barra redonda de teflón PTFE 100mm x Ø50mm	Und	297.69	2.00	595.38
2.02	Tuercas bridadas dentadas M6, acero inoxidable AISI 304 X 50 UND	Und	178.00	0.50	89.00
2.03	Barra de acero inoxidable C-304 de 6.05 m x Ø 1/4"	m	3.59	6.05	21.72
2.04	Barra de acero inoxidable C-304 de 6.05 m x Ø 2"	m	226.27	3.02	683.34
Parcial					1,389.43
Sub total					4,351.39

Tabla 20. Costos por componentes neumáticos.

Componentes neumáticos					
ID	Descripción	UND	Precio unitario (S/.)	Metrado	Total (S/.)
1.00 Sistema dosificador					
1.01	Unidad de mantenimiento FRC - 1/4 - D - MINI	Und	827.11	1.00	827.11
1.02	Silenciador de polietileno rosca 1/4	Und	35.08	2.00	70.16
1.03	Válvula de pedal accionada por pie neumático 1/4"	Und	97.20	1.00	97.20
1.04	Compresora de aire SAFARI	Und	220.00	1.00	220.00
1.05	Tubo flexible de material sintético poliuretano ØD 6MM	m	4.81	10.00	48.10
1.06	Racor rápido roscado, rosca 1/4	Und	9.63	8.00	77.04
1.07	Cilindro neumático estándar DNC serie ISO6431	Und	290.42	1.00	290.42
Sub total					1,630.03

Tabla 21. Costos por gastos fijos.

Gastos fijos					
ID	Descripción	UND	Precio unitario (S/.)	Metrado	Total (S/.)
1.00 Mano de obra y soldadura					
1.01	Operario	día	31.12	7	224.84
1.02	Soldadura TIG	m	250.00	2.18	545.00
1.03	Soldadura electrodo	pto	4.00	28.00	112.00
Parcial					881.84
2.00 Torno, corte y doblado					
2.01	Torno	glb	600.00	1.00	600.00
2.02	Tuercas bridadas dentadas M6, acero inoxidable AISI 304 X 50 UND	día	45.00	2.00	90.00
Parcial					690.00
Sub total					1,571.84

4.4.2. Costos indirectos

Aquí se considerará los gastos que no influyen como tal en los procesos de la manufactura para la máquina, tales como: Supervisión, es necesario para verificar que los operarios ejecuten de manera correcta el presente proyecto, conforme a los planos. Transporte, es necesario considerarlo puesto que, en la ciudad de Tingo María no existen empresas donde se pueda conseguir algunos materiales.

Tabla 22. Costos indirectos.

Requerimientos	Días	Precio Unitario (S./) por día	Total (S./)
Supervisión	7	200	1400
Transporte	2	150	300
Gastos no contemplados			5% C.D.
		Sub total	1700

Se considerará un adicional del 30% del C.D; entonces se tiene que C.I. = S/. 2,265.98.

4.4.3. Costo total

Es la suma de los costos directos e indirectos, es el presupuesto final del proyecto.

$$\text{Costo total (C.T.)} = \text{Costo directo (C.D.)} + \text{Costo indirecto (C.I.)} = \text{S/. } 9,819.24$$

4.4.4. Costo – beneficio

El precio de venta por unidad de queque es de S/. 3.00 y el rendimiento de la maquina calculado es de 24 moldes/min si la producción es una vez por semana, se obtiene:

$$\text{Venta mensual} = 15 \text{ min} * 24 \frac{\text{moldes}}{\text{min}} * 1 \frac{\text{produccion}}{\text{semanas}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} * 3 \text{ soles}$$

$$\text{Venta mensual} = \text{S/. } 4,320.00$$

Tabla 23. Costos de producción.

	Valor mensual
Insumos	S/. 1,000.00
Operario	S/. 1,200.00
Mantenimiento	S/. 300.00
Energía eléctrica	S/. 350.00
Total	S/. 2,850.00

Beneficio neto = Ventas mensual – Costo mensual

$$B_n = S/. 4,320.00 - S/. 2,850.00 = S/. 1,470.00$$

Con el costo de la inversión y el beneficio neto se procede a calcular el VAN y TIR.

Tabla 24. Cálculo del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR).

Periodo (meses)	
0	-S/ 9,819.24
1	S/ 1,470.00
2	S/ 1,470.00
3	S/ 1,470.00
4	S/ 1,470.00
5	S/ 1,470.00
6	S/ 1,470.00
7	S/ 1,470.00
8	S/ 1,470.00
9	S/ 1,470.00
10	S/ 1,470.00
11	S/ 1,470.00
12	S/ 1,470.00
Tasa de descuento mensual	3.80 %
VAN	S/ 4,138.31
TIR	10%

4.4.5. Cálculo del periodo de retorno de inversión (ROI).

$$\text{ROI} = \frac{\text{Unidad neta o ganancia obtenida}}{\text{Inversión}} * 100$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{S/.1,470.00}}{\text{S/. 9,819.24}} * 100 = 14.97 \%$$

Con el resultado obtenido, la rentabilidad del proyecto (ROI) es de un 14.97% mensual en el tiempo.

4.4.6. Costo fabricación – mercado

Para contrastar la optimización del precio de fabricación de la maquina dosificadora, con una de similares características en el mercado, se realizó una cotización a la empresa CONFIYEPES quien ofrece dicho producto a 4,741.99 €, lo que es equivalente aproximadamente a S/. 19,990.32

Esta comparativa nos refleja una optimización del 48.79% del valor en el mercado de la maquina dosificadora.

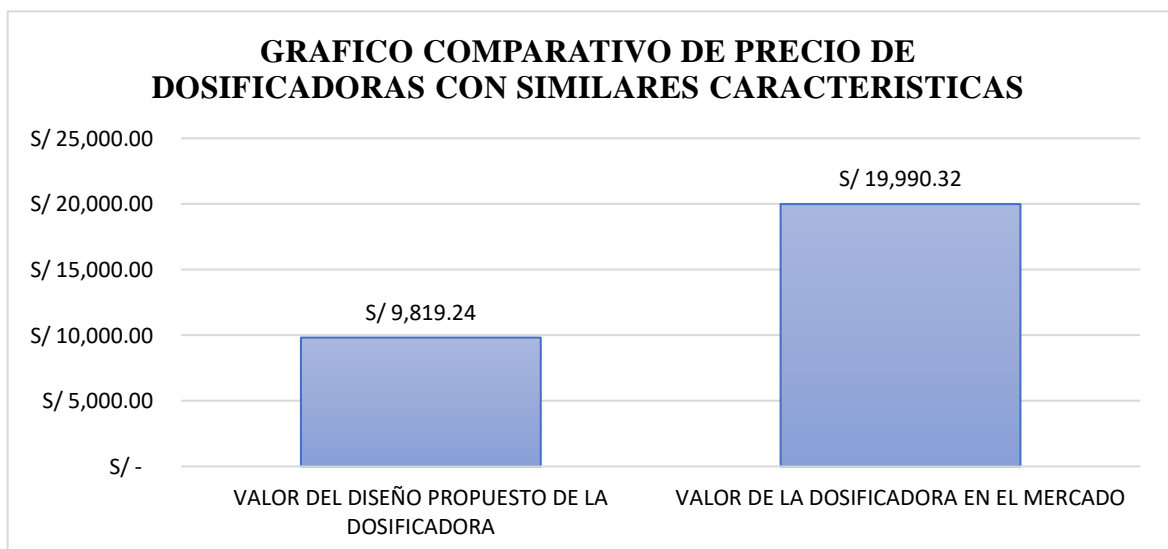


Figura 41. Comparativa costo fabricación – costo mercado.

V. CONCLUSIONES

1. Se diagnosticó que, por la situación actual en la planta piloto, el tiempo de dosificado en los moldes es de 80 minutos, esto conlleva que el proceso de producción sea largo. Por lo que se concluye que mediante una propuesta de diseño se mejorará dicho proceso.

2. Se modeló una propuesta de diseño de una máquina dosificadora compuesta en su totalidad de acero inoxidable AISI 304/304L, cumpliendo así, la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010/MINSA, que hace referencia a las condiciones sanitarias de equipos y utensilios asignados a un área determinada. Para el funcionamiento del sistema dosificador, se propone la instalación de un cilindro neumático de 32mm de diámetro de émbolo que trabaje a 9.8 bar de presión; además de una fuente de aire comprimido que trabaje a 11.4 bar de presión para obtener la eficiencia ideal de trabajo de la maquina dosificadora.

3. El tiempo de dosificado será 125% más eficiente, esto reduce en 45.5 minutos el tiempo de dosificado. Por lo que se concluye que el tiempo de producción optimizado es de 35.5 minutos.

4. Se realizó una comparativa económica para la implementación de la propuesta de diseño con una de similares características de la empresa CONFIYEPES quien ofrece dicho producto a 4,741.99 €, que es equivalente a S/. 19,174.20. Por lo que se concluye que el costo de implementar la propuesta de diseño generaría un ahorro del 48.79% del valor en el mercado; además que la rentabilidad del proyecto (ROI) es de un 14.97% mensual en el tiempo.

VI. PROPUESTA A FUTURO

1. La Universidad Nacional Agraria de la Selva debe considerar implementar la propuesta de diseño para mejorar el nivel de conocimiento en procesos industriales a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
2. Se recomienda realizar la prueba de puesta en marcha, una vez implementada la propuesta de diseño.
3. Se recomienda revisar y ejecutar el manual de operación y mantenimiento con personal calificado para el proceso de limpieza, desinfección, avería o daño alguno.

VII. REFERENCIAS

- Aceros del Ecuador (s.f.). Acero AISI 304. Obtenido de: <https://www.acerosecuador.com/aceroaisi304.html>
- AICE. (2015). Procedimiento de diseño: Silos de acero. Asociacion de Ingenieros Civiles Estructurales (AICE). Obtenido de: <http://www.aice.cl/es/archivos/wp-aice-old/uploads/2015/04/AICE-PRC-003-0-Silos-de-Acero.pdf>
- Albarrán, L., & Vivas, Y. (2014). Validez y confiabilidad. Universidad Yacambu: Venezuela. Obtenido de <https://es.slideshare.net/arqluziutet/validez-yconfiabilidad-32651461>.
- Ariani, F., Nasution, D. M., & Sibarani, H. (2020). Corrective Maintenance of Worm Gear a Screw Press Machine with a capacity of 30 tons per hour using Wear Analysis and its response to Conus Pressure. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 851, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Ashley, R. J. (1985). Permeability and Plastics Packaging. En Polymer Permeability (pp. 269–308). Springer Netherlands.
- Atoche Chauca, L. S., & García Siu, M. W. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales (cáscara de mango) para la formulación de queques.
- Bonilla, J. R. (2009). Automatización de una máquina empacadora de caramelo en polvo (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009).
- Bossgoo. (2024). Toothpaste Filling Machine, High Quality Toothpaste Filling Machine on Bossgoo.com. Obtenido de: <https://www.bossgoo.com/product-detail/toothpaste-filling-machine-32087601.html>
- Brito Rueda, C. A. (2017). Diseño y simulación de un transportador semi-automático para crema de tomate con capacidad de 400 Kg/h (Bachelor's thesis).
- Catálogo de actuadores Micro automation (2023). Soluciones en movimiento. Obtenido de <https://co.microautomacion.com/wp-content/uploads/2021/07/2021-MASTER-MICRO-E.pdf>
- Colegio de Ingenieros del Perú. (1999). Código de Ética del CIP. Obtenido de http://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf
- Daen, S. T. (2011). Tipos de investigación científica. Revista de Actualización Clínica Investiga boliviana, 12, 621-624.

- El Kassem, B. (2021). Machine design for auger dosing of powders by utilizing DEM simulations and multivariate-regression-based experimental analysis (Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek der RWTH Aachen).
- García Díaz, M. J., & Tullume Pisfil, J. J. (2019). Diseño de una maquina dosificadora semiautomática para vino con capacidad de 350 U/H en la empresa “vino gran señor”- Monsefú, Lambayeque.
- Guerrero López, F. J. (2021). Diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para micro empresas del sector agroindustrial.
- Handtmann. (2024). Handtmann ideas in the future. Obtenido de <https://handtmann.ca/applications/depositing-dosing>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.
- Herrera Bellodas, E. D., & Lumbres Álvarez, R. S. (2018). Diseño de una máquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico–neumático controlado por un PLC para fundas de arroz.
- Huang, G., Li, Y., & Cui, J. (2022). Research on Modeling of Cutting Parts Based on Solidworks. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2160, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- ITEA. (2000). Tomo 19: Sistemas estructurales: otras estructuras. Ed. Instituto Técnico de la Estructura de Acero (ITEA).
- Kazemzadeh, A., Eriksson, A., Madou, M., & Russom, A. (2019). A micro-dispenser for long-term storage and controlled release of liquids. *Nature communications*, 10(1), 189.
- Kelly, N., & Gero, J. S. (2022). Reviewing the concept of design frames towards a cognitive model. *Design Science*, 8, e30.
- Knapčiková, L., Husár, J., & Kaščák, J. (2021). Experimental verification of high-strength composite materials using a simulation program. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1199, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- León, J., & Rueda, D. (2013). Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente. Universidad Del Valle, Cali, Colombia.
- Looms, T. J. (2022). Improving the automated dosing system of an industrial food production company (Bachelor's thesis, University of Twente).
- Morales, E. (2010). Diseño y construcción de un dosificador y empacador de producto alimenticio molido y seco de 50 gr. Escuela Politécnica del Ejército-Extensión Latacunga, Latacunga.

- Moreno Burbano, K. F., Espinosa Ramos, R., & Domínguez Rodríguez, S. (2018). Prototipo dosificador de granos para supermercados pequeños.
- Mrmapias. (2024). Mrmaplas S.A.S Mantenimiento y respuesto. Obtenido de <https://mrmaplas.com/producto/boquilla-dosificadora>
- Nieto, E. (2018). Tipos de investigación. Universidad Santo Domingo de Guzmán, 2, 1-2.
- Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan*, 12(3), 263-274.
- Norma UNE-EN 1991-4 (2011). Eurocódigo 1: “Acciones en estructuras, parte 4, silos y depósitos”. AENOR.
- Ortega, H., y Carrillo, D. (2011). Diseño y construcción de una maquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa "Del valle Lojano". Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- Ortiz Martinez, D. O., & Zambrano Galeano, C. D. (2017). Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo. Bogotá, Colombia.: Fundación Universidad de America.
- Pérez Calderón, C. H. (2012). Plan de Negocios para una Pastelería de Queque y Su Evaluación Económica y Financiera, Arequipa 2012.
- Rodríguez, P. (2014). Almacenamiento de materiales. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/almacenamiento-de-materiales/41623175>
- Singh, A., Kapil, S., & Das, M. (2020). A comprehensive review of the methods and mechanisms for powder feedstock handling in directed energy deposition. *Additive Manufacturing*, 35, 101388.
- Sotiropoulos, S., & Lagaros, N. D. (2020). Topology optimization of framed structures using SAP2000. *Procedia Manufacturing*, 44, 68-75.
- Suárez, W. (2019). Ingeniería inversa y diseño de la automatización de un dosificador de polvos, utilizando celda de carga a través de microcontrolador ATMEGA para la empresa JACS. Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica.
- Universidad Nacional Agraria de la Selva. (2016). Código de Ética para la investigación en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de <https://portalweb.unas.edu.pe/sites/default/files/C%20C3%93DIGO%20DE%20C3%89TICA%20PARA%20LA%20INVESTIGACI%20C3%93N%20DE%20LA%20UNAS.pdf>

- Valarezo Calle, I. A., & Vizuete Vega, G. G. (2016). Diseño de una dosificadora de jabones de glicerina con capacidad de setenta y dos unidades por minuto (Bachelor's thesis, Quito, 2016.).
- Wang, Y., & Ooi, J. Y. (2015). A study of granular flow in a conical hopper discharge using discrete and continuum approach. *Procedia engineering*, 102, 765-772.
- Woo, S., O'Neal, D. L., & Hassen, Y. M. (2021). Enhancing the Lifetime of the Pneumatic Cylinder in Automatic Assembly Line Subjected to Repeated Pressure Loading. *Metals*, 12(1), 35.

ANEXOS

ANEXO A: Diagnostico de situación actual en el laboratorio de harinas y panificación.

ANEXO B: Especificaciones técnicas de los materiales.

ANEXO C: Cotización de los materiales.

ANEXO D: Planos.