



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DOSIFICADOR DE
PASTA DE MAÍZ CON CAPACIDAD DE 40 KG/H DESTINADO PARA LA
ASOCIACIÓN “ALIMENTANDO CON SABIDURÍA”, UBICADA EN LA
PARROQUIA IMANTAG PERTENECIENTE AL CANTÓN COTACACHI
PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIEROS MECÁNICOS**

AUTORES: BRYAN WILFRIDO QUESPAZ PADILLA

GUIDO FERNANDO MORALES LÓPEZ

TUTOR: MILTON SALOMÓN JAMI LEMA

Quito - Ecuador

2023

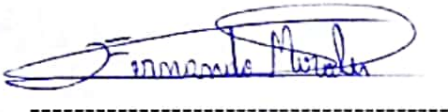
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Guido Fernando Morales López con documento de identificación N° 0803846013 y Bryan Wilfrido Quespaz Padilla con documento de identificación N° 1725476368; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

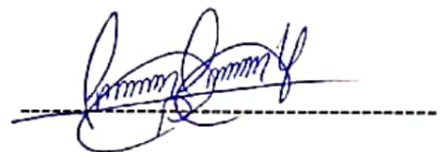
Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente,



Guido Fernando Morales López

0803846013



Bryan Wilfrido Quespaz Padilla

1725476368

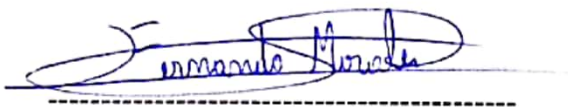
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Guido Fernando Morales López con documento de identificación No. 0803846013 y Bryan Wilfrido Quespaz Padilla con documento de identificación No. 1725476368, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Construcción e implementación de un molino dosificador de pasta de maíz con capacidad de 40 kg/h destinado para la Asociación “Alimentando con Sabiduría”, ubicada en la parroquia Imantag perteneciente al Cantón Cotacachi provincia de Imbabura”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

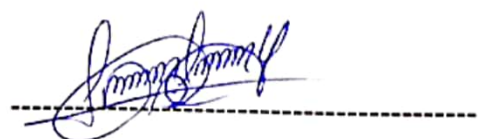
Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente,



Guido Fernando Morales López

0803846013



Bryan Wilfrido Quespaz Padilla

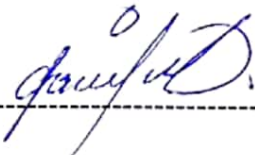
1725476368

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Salomón Jami Lema con documento de identificación N° 1707254171, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DOSIFICADOR DE PASTA DE MAÍZ CON CAPACIDAD DE 40 KG/H DESTINADO PARA LA ASOCIACIÓN “ALIMENTANDO CON SABIDURÍA”, UBICADA EN LA PARROQUIA IMANTAG PERTENECIENTE AL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA, realizado por Guido Fernando Morales López con documento de identificación N° 0803846013 y por Bryan Wilfrido Quespaz Padilla con documento de identificación N° 1725476368, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente.



Ing. Milton Salomón Jami Lema M.Sc.

1707254171

DEDICATORIA

Con mucho amor, humildad, sencillez y de manera muy especial dedicamos nuestro proyecto técnico final a Dios, a nuestros padres, hermanos y demás familiares quienes nos apoyaron siempre en todo lo que nos teníamos propuesto en nuestras vidas ya sea como estudiantes e hijos, haciendo posible la culminación de esta nuestra gran aspiración que nos llena de mucha satisfacción y nos conlleva a convertirnos en buenos profesionales con valores éticos y morales en nuestro campo el cual es Ingeniería Mecánica.

También dedicamos nuestro proyecto técnico a todos los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes a través de ellos adquirimos conocimientos muy claros y concisos acerca de nuestra carrera de Ingeniería Mecánica y quienes hicieron posible que nosotros como estudiantes nos desarrolláramos solos y con mucha seguridad en todas las áreas técnicas respectivas.

Guido Fernando y Bryan Wilfrido

AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente proyecto técnico queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento de manera muy especial a Dios, por habernos brindado la sabiduría y entendimiento necesario para poder construir e implementar el proyecto en la asociación acogiéndonos a todos los requisitos y normas que nos imponían diariamente.

También agradecemos a nuestros padres quienes siempre estuvieron de nuestro lado dándonos el mejor apoyo incondicional y la mayor de las fuerzas para sacar adelante lo que siempre soñamos, y a la vez agradecer a nuestros hermanos y demás familiares quienes en todo momento nos supieron guiar para culminar con éxito la carrera de Ingeniería Mecánica.

No podríamos dejar de agradecer a nuestro tutor del proyecto técnico Ing. Milton Salomón Jami Lema por su valiosa colaboración en cuanto tiene que ver a la construcción de la máquina. También agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito campus Sur y a sus excelentes docentes quienes supieron impartir sus conocimientos en forma acertada formándonos como profesionales, capaces, responsables y competitivos.

Bryan Wilfrido y Guido Fernando

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Maíz	1
1.1.1 Estructura del maíz.....	1
1.1.2 Diversidad del maíz.....	2
1.1.3 Propiedades nutricionales del maíz	3
1.1.4 Carbohidratos.....	3
1.1.5 Proteínas.....	3
1.1.6 Lípidos	3
1.1.7 Vitaminas	4
1.2 Humita.....	4
1.2.1 Definición y generalidades	4

1.2.2	<i>Características de las humitas</i>	5
1.2.3	<i>Flujograma del proceso de elaboración de humitas</i>	5
1.3	Molino	6
1.4	Tipos de molinos	6
1.4.1	<i>Molino de discos</i>	6
1.4.2	<i>Molino de fricción</i>	8
1.4.3	<i>Molino de martillo</i>	8
1.4.4	<i>Molino de tambor</i>	10
1.4.5	<i>Molino de rodillos</i>	10
1.4.6	<i>Aplicaciones frecuentes de molinos</i>	12
1.5	Dosificadoras	12
1.6	Dosificadora de masa de humitas	13
1.7	Dosificación	13
1.8	Tipos de dosificadoras	14
1.8.1	<i>Dosificadoras volumétricas</i>	14
1.8.2	<i>Dosificadoras gravimétricas</i>	15
1.8.3	<i>Dosificador por pistón neumático</i>	15
1.9	Acero AISI 4340 (705)	16
1.10	Acero inoxidable	17
1.11	AISI 304 (inoxidable)	17
1.12	AISI 316 (inoxidable)	18
1.13	Chumacera	18
1.14	Chavetas	18
1.15	Rodamientos	19
1.16	Rodamientos radiales	19
1.16.1	<i>Rodamientos axiales</i>	19

1.16.2	<i>Rodamientos de contacto angular</i>	19
1.17	Soldadura TIG.....	20
CAPÍTULO II		21
ALTERNATIVAS DE MOLINOS Y DOSIFICADORAS, PARÁMETROS DE SELECCIÓN		21
2.1	Alternativas de molinos	21
2.1.1	<i>Alternativa 1: Molino de disco único</i>	21
2.1.2	<i>Alternativa 2: Molino de doble disco</i>	21
2.1.3	<i>Alternativa 3: Molino de piedras (Molino de discos dentados)</i>	21
2.2	Parámetros para la selección del molino.....	21
2.2.1	<i>Granulometría de las partículas</i>	22
2.2.2	<i>Contaminación nula de la pasta de maíz</i>	22
2.2.3	<i>Tamaño</i>	22
2.2.4	<i>Factibilidad de construcción y montaje</i>	22
2.2.5	<i>Costo</i>	22
2.2.6	<i>Limpieza</i>	22
2.2.7	<i>Ruido y vibración</i>	22
2.3	Selección del molino más adecuado	22
2.4	Alternativas para el transporte del maíz al molino	23
2.4.1	<i>Alternativa 1: Por tornillo sin fin</i>	23
2.4.2	<i>Alternativa 2: Plano inclinado</i>	24
2.4.3	<i>Selección del transporte del maíz al molino</i>	24
2.5	Alternativas para la selección de discos.....	24
2.5.1	<i>Alternativa 1: Discos convexos</i>	24
2.5.2	<i>Alternativa 2: Disco cóncavos</i>	25
2.5.3	<i>Alternativa 3: Discos rectos</i>	26

2.5.4	<i>Selección del disco.....</i>	26
2.6	Alternativas de selección del motor para el molino.....	26
2.6.1	<i>Alternativa 1: Motor monofásico</i>	26
2.6.2	<i>Alternativa 2: Motor trifásico.....</i>	27
2.6.3	<i>Selección del motor para el molino</i>	27
2.7	Alternativas para la selección de la dosificadora.....	29
2.7.1	<i>Alternativa 1: Sistema de dosificación de caja volumétrica</i>	29
2.7.2	<i>Alternativa 2: Sistema de dosificación por pesaje</i>	29
2.8	Parámetros para evaluación de alternativas	30
2.9	Costo	30
2.10	Versatilidad	30
2.11	Factibilidad de manufactura.....	30
2.12	Facilidad de mantenimiento.....	31
2.13	Selección de la dosificadora.....	31
CAPÍTULO III.....		32
PROCESO DE FABRICACIÓN Y VALIDACIÓN.....		32
3.1	Molino.....	32
3.1.1	<i>Selección del soporte del molino de diámetro de 2 plg cedula 10</i>	32
3.1.2	<i>Fabricación de entrada rectangular para el soporte del molino</i>	32
3.1.3	<i>Fabricación de tolva cónica</i>	32
3.1.4	<i>Fabricación de disco de soporte para el disco fijo</i>	33
3.1.5	<i>Fabricación de disco fijo y móvil</i>	33
3.1.6	<i>Fabricación de las muelas para los disco fijo y móvil.....</i>	34
3.1.7	<i>Tratamiento térmico de las muelas</i>	34
3.1.8	<i>Fabricación de eje motriz y hélices del tornillo sin fin</i>	35
3.1.9	<i>Fabricación de tapa o recubierta.....</i>	35

3.1.10	<i>Elementos de sujeción normalizados seleccionados</i>	35
3.1.11	<i>Fabricación del perno ajustador</i>	37
3.1.12	<i>Fabricación de platina plegada</i>	37
3.1.13	<i>Fabricación de base rectangular y refuerzos laterales</i>	37
3.2	Dosificador	38
3.2.1	<i>Fabricación de bastidor o soporte</i>	38
3.3	Estructura metálica	38
3.3.1	<i>Fabricación de escalera metálica</i>	39
3.3.2	<i>Fabricación de soportes y pilares laterales transversales para la base</i>	39
3.3.3	<i>Fabricación de base para el piso</i>	39
3.3.4	<i>Fabricación de pasamano</i>	40
3.4	Proceso de planificación y ejecución	40
3.5	Tiempos de soldadura	44
3.5.1	<i>Primera fase</i>	45
3.5.2	<i>Segunda fase</i>	47
3.6	Tiempos de construcción y ensamble	48
3.7	Cálculo de relación de transmisión para poleas y longitud de la correa	50
3.8	Validación	51
3.8.1	<i>Prueba 1</i>	51
3.8.2	<i>Prueba 2</i>	52
3.8.3	<i>Prueba 3</i>	53
CAPÍTULO IV		54
ANÁLISIS ECONÓMICO		54
4.1	Costos directos	54
4.2	Costo del trabajo	55
4.3	Costo de producción por pieza	56

4.4	Costo de transporte y alimentación.....	57
4.5	Costo total de la máquina.....	58
4.6	Costos comparativos	58
4.6.1	<i>Costo comparativo del molino.....</i>	59
4.6.2	<i>Costo comparativo del dosificador.....</i>	59
4.7	Calculo de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR).....	60
4.8	Cálculo del VAN y TIR	60
4.8.1	<i>Cálculo del valor actual neto (VAN)</i>	61
4.8.2	<i>Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....</i>	61
4.9	Cálculo del periodo recuperación de la inversión (PRI).....	62
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	66
	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Híbridos de maíz duro liberados por INIAP y la empresa privada en el Ecuador.....	2
Tabla 2. Molino de discos-datos técnicos referenciales	7
Tabla 3. Molino de discos vibratorios-datos técnicos referenciales	7
Tabla 4. Molino de martillo-datos técnicos referenciales.....	9
Tabla 5. Molino de rodillos-datos técnicos referenciales	12
Tabla 6. Aplicaciones frecuentes de molinos	12
Tabla 7. Composición química y propiedades mecánicas del acero AISI 4340.....	16
Tabla 8. Composición química y propiedades mecánicas del acero AISI 304.....	17
Tabla 9. Elementos de sujeción normalizados para el molino.....	36
Tabla 10. Elementos normalizados seleccionados para el dosificador.....	37
Tabla 11. Proceso global: construcción de la tolva	41
Tabla 12. Proceso global: construcción del tornillo sin fin	42
Tabla 13. Proceso global: construcción de los discos y muelas fijos y móvil.....	43
Tabla 14. Proceso global: construcción de la base del dosificador	44
Tabla 15. Tiempos de construcción para cada pieza individual	49
Tabla 16. Tiempo de ensamble total.....	49
Tabla 17. Prueba uno del molino.....	52
Tabla 18. Gastos de materiales y equipos a utilizar	54
Tabla 19. Costo del trabajo.....	55
Tabla 20. Costo de producción por pieza	56
Tabla 21. Costo de transporte y alimentación	57
Tabla 22. Costos indirectos	58
Tabla 23. Costo total de la máquina	58
Tabla 24. Valores de estudio de fabricación para cada máquina.....	59
Tabla 25. Costos comparativos del molino	59
Tabla 26. Costos comparativos del dosificador	59
Tabla 27. Análisis de producción	60
Tabla 28. Datos para Cálculo del PRI	62
Tabla 29. PRI calculado	63
Tabla 30. Año de Recuperación	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección transversal del grano de maíz	1
Figura 2. Humita Ecuatoriana	4
Figura 3. Flujograma de elaboración de humitas	5
Figura 4. Molino de discos	6
Figura 5. Molino de fricción de discos	8
Figura 6. Molino de martillo	9
Figura 7. Diseño de un molino de martillo.....	9
Figura 8. Molino de tambor.....	10
Figura 9. Molino de rodillos.....	11
Figura 10. Esquema de molino de rodillos.....	11
Figura 11. Dosificación artesanal.....	13
Figura 12. Dosificador volumétrico	14
Figura 13. Dosificadora gravimétrica formado por dosificadoras de compuerta rotativa, tornillo sin fin y el peso de la tolva	15
Figura 14. Dosificador volumétrico por pistón	16
Figura 15. Tipos de chumaceras.....	18
Figura 16. Por tornillo sin fin	23
Figura 17. Discos convexos	24
Figura 18. Disco cóncavos	25
Figura 19. Disco rectos.....	26
Figura 20. Motor eléctrico monofásico seleccionado	28
Figura 21. Caja Reductora seleccionada	28
Figura 22. Discos con tratamiento térmico de cementación.....	34
Figura 23. Molienda del choclo muy seco y con bastantes grumos	51
Figura 24. Molienda del choclo poco húmeda y con pocos grumos	53
Figura 25. Molienda de choclo muy húmeda y sin nada de grumos	53
Figura 26. Tubo principal de diámetro 2 plg, cedula 40	69
Figura 27. Entrada rectangular	69
Figura 28. Tolva rectangular	70
Figura 29. Disco fijo y móvil diámetro 150 mm.....	70
Figura 30. Eje motriz y tornillo sin fin.....	71
Figura 31. Disco de soporte para el disco fijo.....	71
Figura 32. Muelas para el disco fijo y móvil.....	71
Figura 33. Tapa o recubierta para el rodamiento.....	72

Figura 34. Rodamiento SKF_30205.....	72
Figura 35. Tuerca moleteada.....	72
Figura 36. Platina plegada.....	73
Figura 37. Base rectangular y bases pequeñas para la unión de los discos	73
Figura 38. Eje para la adaptación del reductor hacia el tornillo sin fin del molino mediante un matrimonio	73
Figura 39. Bridas para la adaptación del motor con el reductor para el molino.....	74
Figura 40. Bastidor o soporte para el dosificador	74
Figura 41. Escalera metálica	74
Figura 42. Soportes y pilares laterales para la base.....	75
Figura 43. Fabricación de base para el piso	75
Figura 44. Pasamano tanto para la base como para la escalera	75
Figura 45. Base para el motoreductor del molino	76
Figura 46. Elementos normalizados	76
Figura 47. Prototipo 1: Molino con entrada cónica y adaptable con ferrul de diámetro 2 plg.....	76
Figura 48. Prototipo 2: Molino con nueva entrada tipo rectangular y desmontable con pernos normalizados	77
Figura 49. Dosificador modelo GWEFP/L.....	77
Figura 50. Molino dosificador terminado.....	77

RESUMEN

Debido al aumento que requiere la competencia de la zona industrial y especialmente relacionado en el grano de maíz, el Ecuador se ha contemplado en la exigencia de innovar los ejemplares primitivos de producción y mejorar sus técnicas de construcción. El presente proyecto del mismo nombre consiste en la construcción e implementación de un molino dosificador de pasta de maíz con una capacidad de 40 kg/h destinado para la Asociación “Alimentando con Sabiduría”.

El primer capítulo se fundamenta en la compilación del estudio teórico el cual engloba conceptos específicos relacionados a las partes y normativas principales para la construcción del molino dosificador. También se especifica el maíz como una utilidad primordial y su producción a nivel nacional, se menciona al desgranando, molienda y dosificado como procesos específicos para obtener la pasta de maíz, incluyendo los diversos tipos de máquinas como el molino y dosificador con sus respectivos esquemas.

El segundo capítulo describe detalladamente la elección de variables que intervienen en la realización de la máquina, diagnosticando el molino dosificador más conveniente para la implementación del propósito a realizarse, el cual se enfocará en el análisis del equipo para su elección respectiva tomando en cuenta factores importantes como mantenimiento, montaje, materiales y principalmente la seguridad de las personas al momento de utilizar la máquina.

El tercer capítulo se procede a elaborar el plano de fabricación, basado en un plano general que está validado por el diseño y simulación respectivamente, en donde se detalla el procedimiento de construcción de las piezas del molino dosificador, para ello, se describen las etapas más representativas de cada una de estos elementos. A su vez se valida el proyecto con las pruebas de funcionamiento realizadas en el taller mecánico.

El cuarto capítulo se da a conocer el presupuesto de los elementos y mano de obra. Se realiza un estudio económico accesible que comprende los valores directos e indirectos de cada proceso. Por último, se detalla las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Palabras claves: Molino, dosificador, molienda, dosificación, pasta de maíz

ABSTRACT

Due to the increase that requires the competition of the industrial area and especially related to the corn grain, Ecuador has been contemplated in the exigency to innovate the primitive copies of production and to improve its construction techniques. The present project of the same name consists of the construction and implementation of a corn paste dosing mill with a capacity of 40 kg/h destined for the Association "Alimentando con Sabiduría"

The first chapter is based on the compilation of the theoretical study which includes specific concepts related to the main parts and regulations for the construction of the dosing mill. It also specifies corn as a primary utility and its production at national level, it mentions the shelling, milling and dosing as specific processes to obtain the corn paste, including the various types of machines such as the mill and doser with their respective schemes.

The second chapter describes in detail the choice of variables involved in the realization of the machine, diagnosing the most convenient dosing mill for the implementation of the purpose to be carried out, which will focus on the analysis of the equipment for their respective choice taking into account important factors such as maintenance, assembly, materials and mainly the safety of people when using the machine.

The third chapter proceeds to elaborate the manufacturing plan, based on a general plan that is validated by the design and simulation respectively, where the construction procedure of the parts of the dosing mill is detailed, for this, the most representative stages of each of these elements are described. At the same time, the project is validated with the operation tests carried out in the mechanical workshop.

The fourth chapter shows the budget of the elements and labor. An accessible economic study is carried out, including the direct and indirect values of each process. Finally, the conclusions, recommendations, bibliography and annexes are detailed.

Key Words: Mill, doser, milling, dosing, corn paste

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la elaboración de la pasta de maíz como elemento primario para la adquisición del rendimiento final el cual es la humita, se ha estado convirtiendo en un proceso más detallado y desarrollado en cuanto a su fabricación, por lo tanto, son producidas a baja escala por pocas empresas. Por otro lado, el consumidor compra esta materia prima, considerando que al ser una pasta semielaborada proporciona un buen sabor al momento de cocinarla, consumirla y conseguirla a un precio muy bajo por unidad de un valor de \$0,35 ctvs. de dólar, comparados con otros alimentos comunes consumidos por los ecuatorianos.

El proyecto técnico se basa en un estudio de los diferentes tipos de molinos dosificadores que actualmente funcionan para la elaboración de la pasta de maíz, escogiendo la mejor opción para el tipo de trabajo que se necesita, investigando los tipos más comunes que existen en la actualidad y teniendo en cuenta sus aspectos más importantes como: velocidad crítica, capacidad máxima de los componentes, magnitud de cargamento, potencial de los motores y los tipos de molienda y dosificación que existen.

Se llega a la conclusión de construir e implementar un mecanismo idóneo de moler y dosificar el grano de maíz con el fin de lograr la pasta de maíz y a su vez elevar la producción simplificando sus recursos, así como también asegurando una mejora adecuada en su avance, tomando en cuenta las necesidades específicas construyendo cada una de las partes con materiales e insumos adecuados en referente a los parámetros de construcción de maquinarias para alimentos que rige como norma estándar en el Ecuador, para luego poner en marcha el molino dosificador arrancando y verificando que todo el sistema operativo funcione correctamente y sin ningún patrón de errores.

OBJETIVO GENERAL

Construir e implementar un molino dosificador de pasta de maíz con capacidad de 40 kg/h destinado para la Asociación “Alimentando con Sabiduría”, ubicada en la parroquia Imantag perteneciente al Cantón Cotacachi provincia de Imbabura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar el diseño propuesto para el molino dosificador de pasta de maíz.
- Determinar el tipo de material que debe ser utilizado para construir el molino dosificador.
- Implementar el molino dosificador para la asociación “Alimentando con Sabiduría”.
- Evaluar la factibilidad económica de la implementación del proyecto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La parroquia Imantag localizada en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura se caracteriza por su variedad de climas y por sus tierras fértiles, lo que permite el cultivo de diferentes productos agrícolas en cualquier época del año. El maíz es un producto que destaca en esta parroquia, por su fácil cultivo y cosecha, esto hace que la gente de la parroquia tenga una continua siembra de este producto.

El grado de elaboración para alcanzar el producto final de la pasta de maíz es relativamente bajo, por ello la Asociación “Alimentando con Sabiduría” que se ocupan a esta labor, se ven en la exigencia de renovar las técnicas de manufactura obteniendo una mayor producción. Para alcanzarlo se debe valorar todas las alternativas probables en la construcción de la máquina.

El diseño de ingeniería se enfoca en simplificar operaciones como la trituración y dosificación de granos de maíz, reduciendo en gran medida los costos y tiempos de producción, logrando una máquina autónoma en base a las características de los diferentes dispositivos que realizan estas funciones. Es decir, va de lo más básico a lo más complejo, en donde la selección de una trituradora dosificadora cuantitativa para el proyecto de ingeniería se determinada por la estructura mecánica de los granos de maíz, conociendo la resistencia inicial del producto, que determina el grado de molienda del grano.

JUSTIFICACIÓN

Al elaborar la máquina molino dosificador se busca la manera de evitar que el producto se lo realice de manera artesanal y con una mínima producción, puesto que la mayoría de los productores lo realiza a mano y esto hace perder tiempo y dinero, de esta manera se busca complacer a los productores agrícolas quienes son los perjudicados en cuanto al crecimiento

del producto, construyendo una maquinaria que ejecute en un tiempo dos labores, es decir al ser molido el maíz y proporcionar la cantidad correcta en las envolturas se lo producirá con mayor rapidez y eficiencia, lo que genera un poder competitivo en los procesos aumentando el rendimiento.

Finalmente, al implementar el molino dosificador para la elaboración de pasta de maíz (humas) se beneficiará especialmente a la Asociación de servicios de alimentación “Alimentando con Sabiduría” ubicada en la parroquia Imantag, el cual está conformada por un grupo de 15 personas en su mayoría mujeres campesinas que se dedican a la labor agrícola y ofrecen diversos tipos de productos que cultivan en sus parcelas desde el año 2015 jurídicamente, en donde producen a una mayor cantidad y en un menor tiempo posible, para así poder obtener el sello de calidad por parte del MAGAP, a su vez con el paso del tiempo podrán incorporar a grandes empresas para la mejora del rendimiento de la máquina con el fin de contribuir a que el producto sea importando por todo el Ecuador y llegar a una exportación a nivel mundial.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Maíz

1.1.1 Estructura del maíz

La semilla de mazorca consta de tres fragmentos distintas: la membrana externa, el endospermo y el embrión. De acuerdo con Zuber y Darrah, el componente primordial viene siendo el endospermo, que supone alrededor del 85 % del peso, seguido del germen, con el 10 % del peso, y finalmente el pericarpio, con el 5 % del peso [1]. Las semillas ubicadas en la mazorca, unidas a esta por el apéndice de abajo, a menudo se descomponen en diferentes métodos de procesamiento de maíz [1] [2]. Ver figura 1 donde se muestra la estructura del grano de maíz. El endospermo es una membrana continua que abarca células abundantes en proteínas y aceites, llamado aleurona, las demás membranas se denomina endosperma amiloide, también posee dos áreas diferentes. El primero es la región superficial cerca de las aleuronas tiene una resistencia dura y se denomina endospermo corneal rico en proteínas, mientras que la segunda región interna se denomina endospermo pulverulento. El almidón está contenido en células de endospermo alargadas que se empaquetan en diferentes gránulos de 5 a 30 μm rodeados por un modelo proteico continuo. El endosperma del vítreo o de la córnea tiene una base proteica más gruesa con gránulos poliédricos debido a su contracción, como se observa al microscopio electrónico de barrido [1] [3].

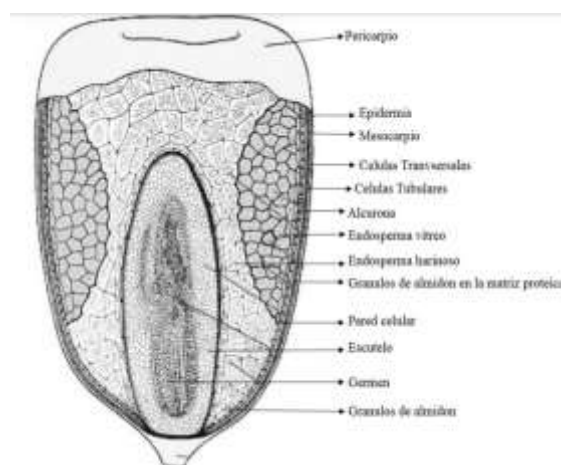


Figura 1. Sección transversal del grano de maíz [1].

1.1.2 Diversidad del maíz

Mediante estudios estadísticos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el rendimiento regular de la mazorca en el Ecuador es 3,17 toneladas ha⁻¹, el rendimiento de elaboración de granos de diversas variedades locales e importadas es de 12.000 To, demanda deficiente para satisfacer las exigencias de los agricultores ecuatorianos [3] [4].

El aumento de rendimiento más importante de la productividad se refleja en el cultivo de mazorca dura, de acuerdo a la aportación de mezcla de maíz de alta rentabilidad y relevantes propiedades agronómicas, así como la incorporación de nuevos híbridos de empresas privadas [3]. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Híbridos de maíz duro liberados por INIAP y la empresa privada en el Ecuador [3].

NOMBRE	TIPO DE HÍBRIDO	INSTITUCIÓN	RENDIMIENTO (t.ha-1)
INIAP H-248	Simple	INIAP	8.160
INIAP H-551	Triple	INIAP	6.345
INIAP H-553	Simple	INIAP	7.785
INIAP H-601	Simple	INIAP	5.472
INIAP H-602	Simple	INIAP	8.595
INIAP H-603	Simple	INIAP	7.300
ADV-9313	Simple	Privada	9.900
2B-688	Triple	Privada	9,000
COPA	Simple	Privada	6.800
BATALLA	Simple	Privada	6.300
DK-7508	Simple	Privada	7.400
EMBLEMA	Simple	Privada	6.800
TROPI-101	Simple	Privada	7.500
CENTELLA	Simple	Privada	6.800

1.1.3 Propiedades nutricionales del maíz

El choclo se utiliza como sustancia alimenticia para las necesidades humanas en grandes cantidades muy relevantes, también es primordial del componente principal para la obtención de almidón y sus derivados, como edulcorantes, manteca, alcohol, humitas, tamales y otros. El significativo grano suele reproducirse en diferentes condiciones ambientales y adaptables, por lo que se ha utilizado como alimento para los humanos a partir desde la antigüedad [1].

La condición del maíz aprovechable está definido primordialmente por la conformación y textura de la semilla, la diferencia de conformación y textura depende de la variedad a sembrar, así como los métodos de cultivo, el tiempo, el terreno y los modos de recolección y post cosecha, es valioso saber y entender las distintas características alimenticias que se obtiene, puesto que en varios casos el volumen de almidón y el color de la endosperma varían en los cultivos [1].

1.1.4 Carbohidratos

El endospermo del grano de maíz es el sitio de almacenamiento más importante para la síntesis de carbohidratos y proteínas. En la mayoría de las variedades de maíz, el endospermo constituye aproximadamente el 84 % del peso de la semilla, embrión 10 % y pericarpio 6 %. El endosperma es principalmente almidón con algunas proteínas y aceites traza, la mayoría de los cuales se encuentran en el germen rico en proteínas [1].

1.1.5 Proteínas

El segundo componente más importante es la proteína, en donde la capacidad de los granos de maíz es de alrededor del 9 % [5], la mayoría de las proteínas se ubican en el endospermo. Fueron estudiados a fondo por Moureaux y Landry en el año 1970 y clasificados en distintas secciones: albúmina, globulina y nitrógeno que no contiene proteínas [1].

1.1.6 Lípidos

El aceite de la semilla de maíz se encuentra localizado en el embrión, es un ingrediente primordial dentro de la nutrición humana, posee alto contenido de ácidos poli-insaturados, principalmente el ácido linoleico [1] [6].

1.1.7 Vitaminas

Los granos de maíz contienen dos vitaminas liposolubles, la primera es vitamina A y la segunda es la vitamina E. La mayor cantidad de los carotenos están ubicados en el endosperma duro de la semilla en reducidas porciones del germen. Por otra parte, el maíz es rico en vitaminas hidrosolubles como la tiamina, el ácido fólico y la riboflavina. Asimismo, tiene un gran número de niacina, pero la capacidad de absorción del organismo es baja, por ende, para conseguir que se pueda ejecutar el procedimiento de nixtamalización de maíz, es aumentando el enriquecimiento de vitaminas y proteínas del producto [1] [5].

1.2 Humita

1.2.1 Definición y generalidades

La humita es un alimento elaborado esencialmente a partir de granos de choclo triturados [7]. Consiste principalmente en una mezcla de masa de maíz cocida [8] en donde se agrega leche, queso, mantequilla, huevos, manteca de cerdo y en algunos casos cebollas fritas, envueltos en hojas de maíz y cocinadas a vapor, es un legado culinario de nuestros antepasados desde la época precolombina [7]. Las humitas pueden ser de dos tipos saladas o dulces [9].

De esta manera, la Asociación “Alimentando con Sabiduría-ASOSERALASAB localizada en la parroquia Imantag perteneciente al cantón Cotacachi provincia de Imbabura, dedicada a la elaboración de humitas, necesita de equipos de molienda y dosificación de masa, con el objetivo de incrementar la producción reduciendo recursos, así como asegurar un perfecto funcionamiento de acuerdo a requisitos específicos del cliente, sin comprometer la calidad y el buen rendimiento. A continuación, se presenta la humita ecuatoriana en la Figura 2.



Figura 2. Humita Ecuatoriana [7].

1.2.2 Características de las humitas

Por lo general la humita posee las diferentes medidas: 140mm x 50mm x 40mm [7].

Peso estimado de la humita: 150 g [7].

Cantidad estimada de la humita: 280 cm³ [7].

1.2.3 Flujograma del proceso de elaboración de humitas

El proceso para obtener la humita se puede presentar como un flujograma, tal y como se detalla en la Figura 3 [8].

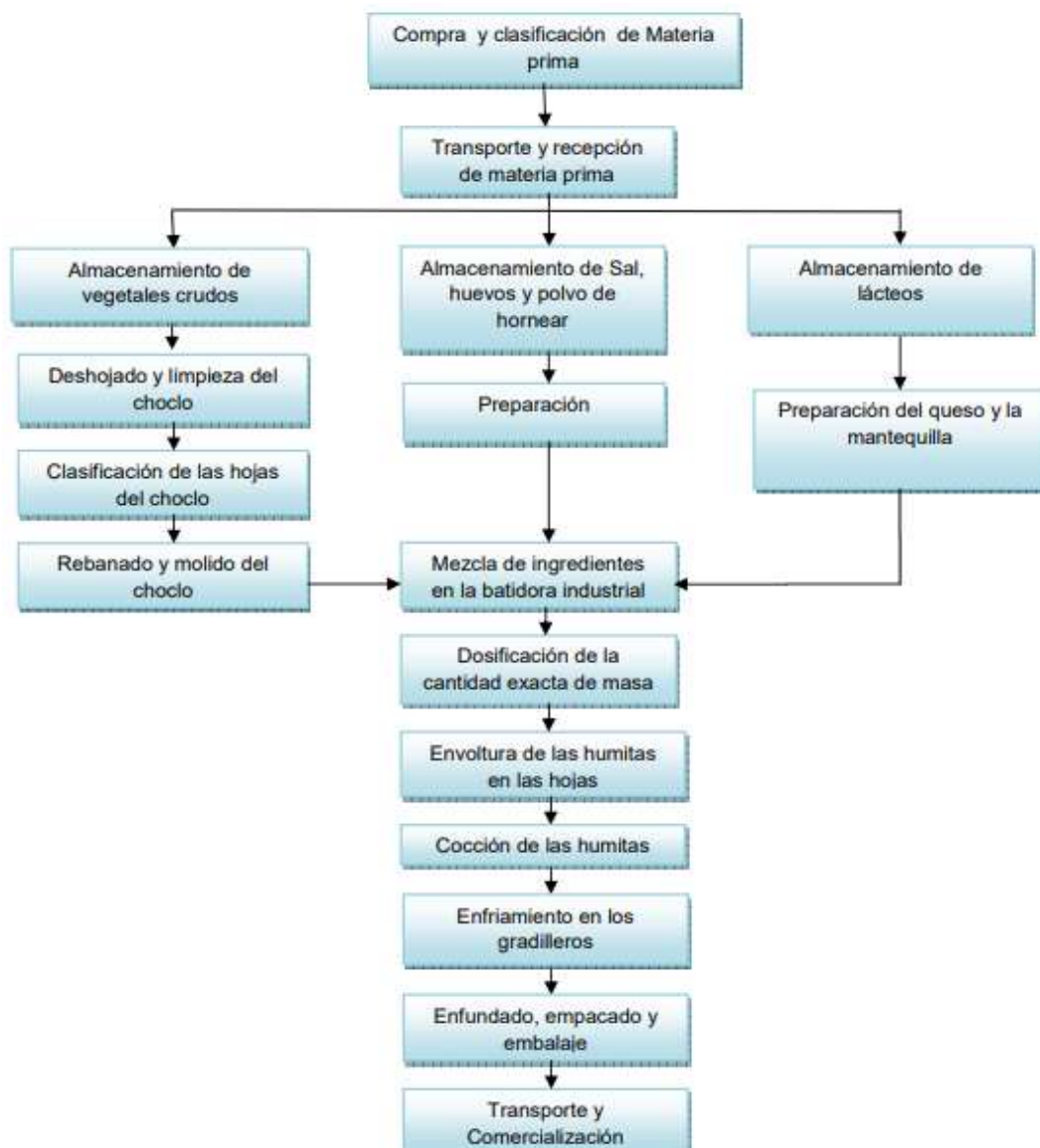


Figura 3. Flujograma de elaboración de humitas [8].

1.3 Molino

Un molino es una máquina que sirve para triturar o moler piedras o granos mediante una fuerza motriz externa [9] [10]. La trituradora industrial es un tipo de máquina de particular importancia en muchas industrias. Este accesorio es un mecanismo de corte que se utiliza para triturar varios productos utilizando poleas o engranajes [9]. Las trituradoras ayudan a muchas industrias a hacer el trabajo de manera más precisa, eficiente y económica [9] [11].

1.4 Tipos de molinos

1.4.1 Molino de discos

Hay dos tipos de molinos de discos: molinos de discos rotatorios y molinos de discos vibratorios. Dentro del principio de movimiento, el primero se emplea en diferentes tipos de empresas entre ellas: metalurgia, mineras, cementeras, agroindustrias y laboratorios. El molino de discos vibratorios se emplea en diversas industrias cuando se trabaja dentro de laboratorios. La molienda en este molino se logra con precisión y fuerza de fricción que actúa entre los dos discos, se ajusta a la asignación de dimensión de la partícula a obtener. Los molinos de discos pueden ser lisos, desiguales o tener muchas protuberancias de área. Los discos pueden girar en direcciones contrarias o uno se mantiene estático mientras que el segundo se empieza a mover [12]. Ver Figura 4.



Figura 4. Molino de discos [12].

La molienda de disco se logra mediante el choque y frotación del producto a moler y los componentes ubicados en el interior del depósito donde se la colocan; las alternativas son: peso en aspecto de discos y anillos; la colisión, el rozamiento entre ellos son causados por la rotación horizontal del sistema [12].

A su vez se hace referencia al término Mohs el cual significa la dureza de ciertos minerales que contienen en cuanto a su composición química los diferentes tipos de molinos que existen.

Las especificaciones de referencia del molino de discos rotatorios se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Molino de discos rotatorios-datos técnicos referenciales [12].

Molino de discos	
Aplicación	Molienda preliminar y fina
Tipo de material a moler	Duro, semiduro y frágil (hasta 8 Mohs)
Principio de molienda	Presión, fricción
Granulometría inicial	<20 mm
Granulometría final	<50 μm
Rpm (referencial)	180 rpm a 440 rpm
Material de los discos	Óxido de circonio, acero templado, carburo de tungsteno, acero al manganeso

A su vez las especificaciones de referencia del molino de discos vibratorios se muestran en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3. Molino de discos vibratorios-datos técnicos referenciales [12].

Molino de discos	
Aplicación	Reducción de tamaño, mezcla, trituración
Tipo de material a moler	Duro, semiduro, frágil, fibroso (hasta 8 Mohs)
Principio de molienda	Presión, fricción
Granulometría inicial	<20 mm
Granulometría final	<20 μm
Rpm (referencial)	700 m a 1500 rpm

1.4.2 Molino de fricción

Los molinos de fricción modernos, al igual que las trituradoras de piedra más antiguas, en lo que se sustituye la piedra por el disco de metal o acero, donde se montan discos de molienda metálicos o abrasivos desmontables, por esta razón se clasifica en discos únicos o simples, dobles y dentados. Los sólidos que se encuentran blandos se impulsan las superficies planas alargadas de los discos circulares giratorios, que aceleran a velocidades más altas, lo que les permite usarse en diversas aplicaciones. El eje puede ser horizontal y vertical [9]. Ver Figura 5.



Figura 5. Molino de fricción de discos [10].

1.4.3 Molino de martillo

Son trituradoras o molinos de impacto, con un eje rotatorio que gira a alta revoluciones, provocando la desigualdad de tamaño de los granos por potencia de colisión, donde contiene un dispositivo primordial de molido del eje de martillos en sus alrededores, además no se utiliza con materiales de grano fino [11] [12]. Es una mecanismo donde realiza la función de rectificado por colisión mediante las punzonadoras utilizando un movimiento oscilante contrario al del impulsor donde cumple la función principal, el cual es emitir pequeños golpes sucesivamente contra la cámara hacia el producto y así triturar las veces que sean necesarias y lograr el objetivo del tamaño adecuado, se debe tener en cuenta que las partículas obtenidas por este proceso de molienda salen de la cámara con diferentes tamaños y formas [9]. Ver Figura 6 y 7.

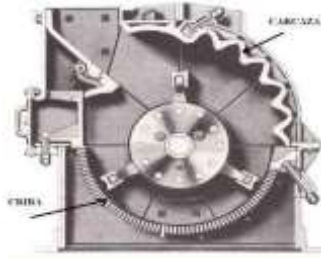


Figura 6. Molino de martillo [9].

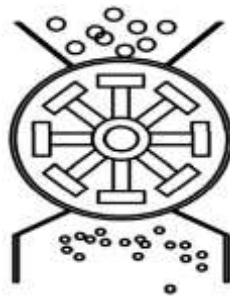


Figura 7. Diseño de un molino de martillo [9].

Las especificaciones de referencia del molino de martillos se muestran en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4. Molino de martillo-datos técnicos referenciales [9].

Molino de martillos	
Aplicación	Molienda preliminar y fina
Tipo de material a moler	Duro, semiduro y frágil (hasta 8 Mohs)
Principio de molienda	Impacto
Dimensión de cámara de molienda (mm)	Largo/ancho/altura de 2310/1665/1610 a 3720/2650/2540 (minería) Ancho/diámetro de 150/250 a 120/150 (agroindustria)
Granulometría inicial (mm)	<100 (minería) <40 (agroindustria)
Granulometría final	De 0 a 3 mm (minería) <100 (agroindustria)
% de humedad del material a moler	Hasta el 20 % (en molienda húmeda)
Rpm (referencial)	500 rpm a 1000 rpm (minería) Hasta 2000 rpm (agroindustria)

Producción toneladas/hora	De 35 a 100 (minería) De 0.05 a 3 (agroindustria)
Potencia (kW)	De 75 a 132 (minería) De 3 a 38 (agroindustria)
Material de los martillos	Acero al manganeso (minería) Acero al carbono (agroindustria)

1.4.4 Molino de tambor

Se utiliza para la trituración fina y muy fina de sustancias quebrantadas. Este molino se opera de manera que tenga una discontinuidad, es decir después de triturar el elemento, asegura la homogeneización del material [9] [13]. Posee un tambor de molienda tipo horizontal que rodea alrededor del centro de rotación. El tambor cilíndrico se encuentra lleno de material abrasivo. El material de alimentación es triturado por un medio de molienda de movimiento libre principalmente bajo la acción de presión, impacto y fuerza de corte. Comúnmente se utilizan bolas o cilindros. Para usos específicos, las barras de acero también se pueden utilizar en molinos debidamente modificados [9]. Ver Figura 8.



Figura 8. Molino de tambor [9].

1.4.5 Molino de rodillos

Consiste en dos rodillos fabricados en hierro forjado o de acero colado, con extremos acanaladas, ajustables y precisas, por lo que el mecanismo de trituración está diseñado para forzar el paso de las partículas en una determinada secuencia [12]. Ver Figura 9 y 10.



Figura 9. Molino de rodillos [12].

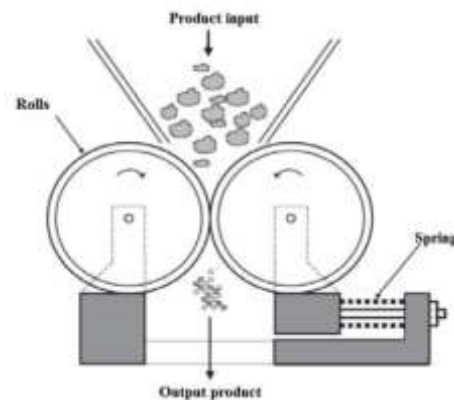


Figura 10. Esquema de molino de rodillos [12].

En esta máquina, al menos dos pesados rodillos de acero giran entre sí. Las partes más pequeñas del peso son detenidas y trasladadas con los rodillos, sometidas a fuerzas de compresión donde ocurre el aplastamiento. Algunas máquinas, diferentes rodillos rotan a varias revoluciones, lo que provoca cizallamiento. Su implementación necesita de dimensión y diámetro de los rodillos, así también la velocidad rotativa. Para mayores diámetros, la velocidad está en el rango de 20 a 300 rpm, comúnmente se utiliza una relación de reducción baja, frecuentemente menores a 5.

Los diámetros de los rodillos, sus velocidades diferenciales y las distancias entre ellos pueden variar según el tamaño del lote de partida y la tasa de producción deseada. Pese a que haya un espiral de compresión excesivo para proteger la superficie del rodillo, la materia extraña dura debe desaparecer antes de moler [12]. Las especificaciones de referencia del molino de rodillos se muestran en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5. Molino de rodillos-datos técnicos referenciales [12].

Molino de rodillos	
Aplicación	Molienda preliminar y fina
Tipo de material a moler	Duro, semiduro y frágil
Principio de molienda	Compresión, fricción
Granulometría inicial	<30 mm (en el caso de mineral)
Granulometría final	<50 μm (en el caso de harinas)
Rpm (referencial)	40 rpm (en el caso de la caña de azúcar)
Material de los discos	Óxido de circonio, acero templado, carburo de tungsteno, acero al manganeso, piedra

1.4.6 Aplicaciones frecuentes de molinos

A continuación, la Tabla 6 muestra el uso regular de las diversas variedades de molinos que se mencionan anteriormente.

Tabla 6. Uso regular de molinos [9].

Tipos de molinos	Molinos de rodillos	Molino de martillo	Molino de fricción	Molino de tambor
Tamaño de molienda				
Grueso	x			
Intermedio	x	x	x	x
Fino/Muy finos		x	x	x
Aplicaciones				
Granos			x	

1.5 Dosificadoras

Según Gómez (2014) “Una máquina dosificadora es un mecanismo donde es pieza fundamental de una línea productiva, cuya puesta en marcha es suministrar o entregar rápidamente la medida exacta de material requerido para realizar un sistema, también es un mecanismo para entregar el volumen correcto del material o material sólido y agilizar procesos para reducir recursos” [14].

Un dosificador es un mecanismo que entrega automáticamente la cantidad correcta de algún material o materia prima agilizando y optimizando los requerimientos puestos en la operatividad. Esto asegura al cliente y al fabricante la exactitud correcta del insumo entregado, además de acortar el tiempo de entrega [8]. El trabajo del dosificador es poner cierta sustancia en cantidad o peso determinado ya sea en recipientes o envases [9].

1.6 Dosificadora de masa de humitas

La cuantificación de masa de humitas es un elemento que dosifica aproximadamente la cantidad de masa necesaria para su preparación, ahorrando tiempo, esfuerzo físico y personal respecto a la preparación casera [9]. Ver Figura 11.



Figura 11. Dosificación artesanal [9].

1.7 Dosificación

La dosificación se realiza para envasar con precisión a diferentes líquidos o sólidos de tal manera donde el material no se descarte o desperdicie, lo que lleva a cabo a incrementar el costo del producto final [9].

La dosificación es de gran importancia en industrias como [9]:

- Alimenticio [9]
- Químico [9]
- Farmacéutica [9]
- Cosmético [9]
- Perfumería [9]

1.8 Tipos de dosificadoras

Existen diversos modelos de dosificadores dependiendo del estado del producto que se esté procesando (líquido, dureza, polvo, gas), propiedades físicas del producto, precisión requerida, dinámica del proceso (flujo de distribución) y modo de mantenimiento donde el proceso deseado es muy automatizado. Entonces, en general existen dos tipos de dosificadores [8].

- Dosificador volumétrico [8]
- Dosificador gravimétrico [8]

1.8.1 Dosificadoras volumétricas

Las volumétricas es el más sencillo y económico del mercado. Consta principalmente de la tolva que abarca el producto y se alimenta al dosificador, de tal forma que transporta un volumen determinado de material por unidad de periodo, donde se calibra la dosis requerida al caudal proporcional a la masa, es decir que las dosificadoras no equilibran el flujo, lo que las convierte en mecanismos de circuito abierto, lo que significa que no pueden localizar ni corregir los cambios en la densidad del material. Los dispositivos de cuantificación más habituales son [8]:

- Dosificador de tornillo sin fin [8]
- Dosificador de correa rodante [8]
- Dosificador de válvula rotativa [8]
- Dosificador de pistón o biela [8]



Figura 12. Dosificador volumétrico [8].

1.8.2 Dosificadoras gravimétricas

Este tipo de máquinas es de mayor precisión, porque regulan el peso final del producto cargado, por ende, su retroalimentación es un instrumento esencial para corregir errores de cuantificación que pueden ocurrir por el propio tipo del producto, por ejemplo, como vejigas de aire, imprecisiones en el dispositivo dosificador, o distintas alternativas que puede perjudicar la tasa del producto final [8].

Estos dispositivos se consideran como suplementos a las máquinas detalladas anteriormente, porque son balanzas que incorporan un mecanismo de sujeción del producto que se evalúa y calibra a la cantidad deseada. Cuando se descarga el producto, la pérdida de peso se mide durante un periodo de tiempo el cual el valor real se compara con el valor de referencia obtenido, por ende la diferencia permite que el método ajuste la rapidez de alimentación [8].

Ver Figura 13.

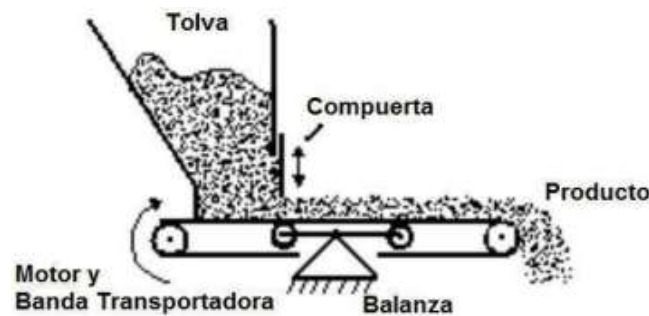


Figura 13. Dosificadora gravimétrica formado por dosificadoras de compuerta rotativa, tornillo sin fin y el peso de la tolva [8].

Los modelos de dosificadoras gravimétricas más habituales y utilizadas son:

- Dosificador gravimétrico de banda o corre
- Dosificador de pérdida de peso

1.8.3 Dosificador por pistón neumático

El modelo está diseñado con la finalidad de laborar con utilidad líquidos y semilíquidos, natilla, jalea, manteca. El procedimiento consiste principalmente en pistón de cámara con salida variable controlada por el movimiento del cilindro neumático, la válvula y la boquilla. Están

fabricados en acero inoxidable y, al igual que otros dosificadores, se pueden ubicar en envasadoras automáticas o también se las puede emplear de manera semiautomática en pequeñas industrias [9]. Ver Figura 14.



Figura 14. Dosificador volumétrico por pistón [9].

El dosificador de pistón de flujo alterno, con ciclos de absorción y liberación, contiene una cámara de almacenamiento en la que el volumen del depósito se puede ajustar por la carrera de pistón, incluye los principios de control de aire los cuales son demasiados complejos, aunque es voluminoso puede ser parcial o totalmente desmontado por lo que es fácil de transportar [14].

1.9 Acero AISI 4340 (705)

Es un acero templado con aditivos de cromo, níquel, molibdeno, que presentan una gran resistencia a los diferentes cambios ya sea de tensión, torsión y flexión. Frágil al sobrecalentamiento de la forja y muy propenso a la debilidad del revenido [15].

Aplicaciones: Piezas de máquinas pesadas, brazo de control, cigüeñal, árbol de levas, barras que están a torsión, piñones, embragues, acoplamiento de cardán, eje de la bomba, eje de avión, pernos de alta de tensión, cinta transportadora para rodillos, entre otros [15].

En la presente investigación se detalla en resumen la composición química del Acero AISI 4340 (705) tomados de DIPAC Productos de Acero Manta, donde se describe en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición química y propiedades mecánicas del acero AISI 4340 [15].

Composición Química				
% C	% Si	% Mn	% P	% S
0,34	0,1-0,35	0,60-0,80	0,04-0,30	0,002-0,03

Propiedades Mecánicas				
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm²)	Punto de fluencia (N/mm²)	Elongación % Min.	Dureza Rockwell B
16 o menos	1200-1400	1000	9	240-380
16-40	1100-1300	900	10	240-380
41-100	1000-1200	800	11	240-380

1.10 Acero inoxidable

Este tipo de acero inoxidable es esencialmente un acero dulce que contiene al menos un 10.5 % de cromo en peso, lo que lo convierte en un material muy resistente a la corrosión [16].

1.11 AISI 304 (inoxidable)

El acero inoxidable AISI 304 es un acero o metal austenítico de cromo níquel bajo en contenido de carbono. Resistente a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste a los defectos corrosivos medio ambientales, agua, vapor y ácidos, también mezclas alcalinas cuando se va a emplear con superficies pulidas a espejo.

Aplicaciones: Procesamientos de alimentos, elaboración de cerveza, producción de azúcar, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica dental, entre otros [17].

En la presente investigación se detalla en resumen la composición química del Acero AISI 304 tomados de DIPAC Productos de Acero Manta, donde se describe en la Tabla 8.

Tabla 8. Composición química y propiedades mecánicas del acero AISI 304 [15].

Composición Química						
% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Ni	% Cr
0-0,08	0-1	0-2	0-0,045	0-0,03	8-10.5	18-20

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm²)	Punto de fluencia (N/mm²)	Elongación % Min.	Dureza Rockwell B
520	220	20	249-278

1.12 AISI 316 (inoxidable)

Es resistente a la oxidación o corrosión de diversos productos químicos agresivos, ácidos y atmósferas salinas. Utilizado para decoración arquitectónica, equipamiento para el proceso de alimentos, farmacéuticas, fotografías, textil, entre otros [18].

1.13 Chumacera

Un cojinete de pedestal es un rodamiento ensamblado que sirve para soportar al eje giratorio. Este tipo de cojinete por lo general se suele colocar en línea equivalente al eje del árbol. Estas chumaceras situadas en distintos sistemas de traslado y por lo general son auto lubricantes. Se utilizan con frecuencia en los sistemas de transporte de los sectores de fabricación industrial, fabricación de alimentos y bebidas e industrias manufacturación textilera [19].



Figura 15. Tipos de chumaceras [20].

1.14 Chavetas

La chaveta es un dispositivo mecánico diseñados para conectar piezas que gira firmemente mediante un árbol donde generar un par motriz (como poleas y ruedas dentadas), generando y facilitando así el montaje y desmontaje de piezas o componentes: De hecho, el hábito usual se basa en seleccionar una chaveta cuya medida sea de la cuarta parte del diámetro del eje. A continuación, compacta la distancia de la pieza en función de la longitud del eje de la pieza ensamblada y de la resistencia establecida. De vez en cuando es necesario emplear más de una chaveta para obtener la fuerza deseada [21].

1.15 Rodamientos

Los cojinetes son componentes de acero aleados a partir de manganeso, cromo y molibdeno para simplificar el tratamiento térmico extremo y producir piezas con alta resistencia al desgaste y la fatiga [17]. Existen diversos tipos de rodamientos para diferentes aplicaciones, es muy importante seleccionar los rodamientos correctos, tomando una decisión basada en criterios tales como: costo, facilidad de instalación, vida útil, tamaño total, facilidad de instalar, alta disponibilidad de repuestos y tipos de lubricantes [22].

1.16 Rodamientos radiales

Están diseñados para soportar cargas en la dirección perpendicular al eje. Suelen constar de tres partes: el anillo exterior, el anillo interior y el componente rodante que contiene un modelo de jaula también conocida como canastilla. Por poner como ejemplo, los neumáticos de un automóvil descansan sobre el suelo y transmiten la carga al eje, por lo que el cojinete de la rueda funciona bajo cargas radiales [10].

1.16.1 Rodamientos axiales

Están diseñados para soportar cargas en la misma dirección axial. Por regla general, se componen de tres partes: el anillo superior, el anillo inferior y un componente rodante con un modelo específico de jaula. Por poner como ejemplo, una cinta transportadora, el peso total de la máquina actúa verticalmente sobre el piso y tiene que girar alrededor de un eje vertical mirando hacia el suelo, esta aplicación debe utilizar un cojinete de gran diámetro con un anillo superior que soporta la cinta transportadora y su anillo inferior tirando en el suelo [10].

1.16.2 Rodamientos de contacto angular

Es directamente una combinación de los modelos antes mencionados y se basa de un cojinete casi igual al radial desde un modelo muy especial del aro exterior y del aro interior para que así pueda sostener diversas cargas axiales que son de mayor tamaño al de un cojinete radial simple. Entre los usos son muy variados, porque el eje siempre puede extender posibles cargas en una dirección no deseada y también por el ahorro que produce al ubicar un solo cojinete para realizar el trabajo de ambos [10].

1.17 Soldadura TIG

La soldadura por arco que utiliza electrodo no fusible y un protector de gas inerte se denomina TIG (Gas Inerte de Tungsteno). Esta soldadura es un procedimiento autógeno donde se genera calor mediante un arco eléctrico sobre la pieza de trabajo y del electrodo antiadherente. Los electrodos están hechos de tungsteno o aleación de tungsteno. Esta materia tiene diversos puntos de fusión muy altos y procesos de emisión térmica donde agilizan el buen rendimiento del arco. Este tipo de soldadura derrite los alrededores de la pieza en la que se vaya a trabajar, en donde se utiliza un material de relleno de palillos para crear las costuras y a su vez en la parte de la antorcha descarga el gas inerte [23].

La soldadura TIG es adecuada para diversas aleaciones de metales no ferrosos, como acero al carbono, acero de baja aleación, aleación de acero inoxidable, aleación de níquel, aluminio y sus aleaciones, titanio y magnesio [23].

CAPÍTULO II

ALTERNATIVAS DE MOLINOS Y DOSIFICADORAS, PARÁMETROS DE SELECCIÓN

2.1 Alternativas de molinos

2.1.1 *Alternativa 1: Molino de disco único*

En este modelo el material de alimentación pasa a través de la abertura entre el disco ranurado que viaja a altas velocidades y el marco estacionario del molino. La falla de carga ocurre debido a una fuerte acción de corte. La distancia entre el escudo y la armadura puede alterar según la capacidad materia prima y las condiciones del producto terminado [13].

2.1.2 *Alternativa 2: Molino de doble disco*

Esta alternativa, la protección posee dos discos que rotan en direcciones opuestas, lo que produce esfuerzos de corte más altos que los que se pueden lograr en los molinos de un solo disco. Este tipo de molinos es muy utilizada para moler maíz y arroz [13].

2.1.3 *Alternativa 3: Molino de piedras (Molino de discos dentados)*

Este es el modelo de molino de discos más antiguo y tradicionalmente se usaba como trituradora. En su eje se sitúan dos piedras redondas. La parte superior, normalmente fija, tiene agujeros para la carga. La piedra debajo gira y la carga pasa a través del espacio entre las dos piedras. Bajo la influencia de la fuerza de corte entre las dos piedras, los productos se extienden más allá del extremo de la parte inferior. A su vez en diferentes tipos, ambas piedras rotan en direcciones opuestas. En la maquinaria actualizada, la piedra natural o artificial se reemplaza por acero que está endurecido. Este molino aún se sigue usando para el molido húmedo de maíz [13].

2.2 Parámetros para la selección del molino

A la hora de moler un producto, en este caso maíz, se deben considerar y tener en cuenta ciertos parámetros, que determinarán la elección del molinillo más adecuado, en donde se detallan a continuación:

2.2.1 Granulometría de las partículas

Para que internamente el producto sea de alta calidad, debe efectuarse con una medida estándar y estricta de tamaño de partícula muy limitada. A su vez no debe sentirse la maicena grumosa, tampoco espesa ni suave [13].

2.2.2 Contaminación nula de la pasta de maíz

Cada especie, en este caso la harina de maíz debe cumplir con estándares de calidad, principalmente para proteger y precautelar la salud integral de quienes van a consumir este producto [13].

2.2.3 Tamaño

Afecta el espacio del lugar donde se trabajará y con su desarrollo se puede lograr la producción actual y futura [13].

2.2.4 Factibilidad de construcción y montaje

El diseño es importante y aún más fundamental para el montaje, ya que impactan directamente en los costos de producción y mantenimiento, además de los repuestos, si los hubiera [13].

2.2.5 Costo

Este es un valor muy importante durante la producción, mantenimiento y posterior reemplazo de piezas o componentes dañados [13].

2.2.6 Limpieza

Si el molino no se usa durante 24 horas o cuando se requiere una limpieza después de la molienda, se debe eliminar el residuo, que debe ser de fácil acceso para el producto [13].

2.2.7 Ruido y vibración

Durante la operación, el molino debe tener un nivel de ruido aceptable y no debe causar vibraciones excesivas que afecten al operador o derramen el producto [13].

2.3 Selección del molino más adecuado

El molino a seleccionar es el **de fricción de disco único**, por tanto, es el más común y de mejor rendimiento de molienda de pasta de maíz húmedo, puesto que, al emplear discos de aceros en reemplazo de piedras artificiales o naturales, es más conveniente utilizar este tipo de molino, porque sus discos al ser de una composición de materiales mucho más fuerte, hace que su

tiempo de duración sea más eficaz y con menos probabilidad de dañarse o desgastarse en muy poco tiempo.

El molino que se va a utilizar para el proyecto es un molino de fricción de disco único el cual, dependiendo de las características de funcionamiento en cuanto a su capacidad, se fabrica en un material de tipo acero Inox AISI 304.

2.4 Alternativas para el transporte del maíz al molino

2.4.1 Alternativa 1: Por tornillo sin fin

A continuación se presenta una imagen del tornillo sin fin como una de las alternativas para la selección final.



Figura 16. Por tornillo sin fin [13].

Ventajas

- Crea un impulso, por lo que el maíz se fuerza en el disco [13].
- Puede conducir el maíz rápidamente en casi cualquier dirección [13].

Desventajas

- Además de su propio giro, su funcionamiento requiere de otros elementos [13].
- Requiere una cobertura para prevenir que el maíz regrese [13].

2.4.2 *Alternativa 2: Plano inclinado*

La gravedad hace que el maíz fluya a través del plano inclinado o pendiente [13].

Ventajas

- Necesariamente no necesita componentes adicionales, por lo que el maíz entraría de una forma muy natural a los discos [13].
- Puede usarse diferentes modelos de discos [13].

Desventajas

- Una pendiente adecuada es esencial para que el maíz fluya naturalmente sobre las losas. [13].

2.4.3 *Selección del transporte del maíz al molino*

El transporte del maíz hacia el molino seleccionado es el **tornillo sin fin**, siendo que es el más utilizado en cuanto a transportar granos secos o húmedos, porque al contar con su propio giro en sentido horario o anti horario facilita el transporte del maíz uniformemente y con una cierta cantidad para llevarlos a los discos y ser molinos uniformemente.

2.5 **Alternativas para la selección de discos**

2.5.1 *Alternativa 1: Discos convexos*

La superficie de los discos convexos es de tipo cónico, es decir, dos pequeños conos conectados por vértices [13].



Figura 17. Discos convexos [13].

Ventajas

- Muele y ayuda a mezclar la pasta de maíz [13].

- El proceso de molienda tiene lugar tan pronto como el disco se sumerge en agua [13].
- Puede ingresar cualquier tamaño de grano en la entrada [13].

Desventajas

- No lleva mucho maíz por lo que lleva más tiempo moler [13].
- La pendiente en su espacio es primordial para una correcta molienda [13].

2.5.2 Alternativa 2: Disco cóncavos

En cambio, la superficie del disco es cóncava, lo que significa que hay muy poco espacio entre los discos. Resulta que hay una forma de evitar esto [13].



Figura 18. Disco cóncavos [13].

Ventajas

- Permite más maíz molido porque debe pasar internamente por los discos [13].
- La molienda del grano se controla asegurándose de que el maíz esté alrededor del plato [13].

Desventajas

- Su producción es mucho más complicada si no existe el tamaño adecuado en el mercado [13].
- Se requiere de un componente extra que ayude a penetrar el maíz [13].
- El maíz debe ingresar obligadamente por el centro de los discos [13].
- La circulación es difícil porque tiene que pasar por el centro y salir a su alrededor [13].

2.5.3 Alternativa 3: Discos rectos

Para una molienda más estable y un tiempo de residencia significativamente más consistente, se utilizan dos discos paralelos. [13].



Figura 19. Disco rectos [13].

Ventajas

- En cuanto al tiempo de residencia del maíz entre las placas es más largo en donde se muele a la misma cantidad en menos tiempo. [13].
- Se puede moler en espacios muy reducidos entre discos. [13]
- Puede moler de forma horizontal o vertical dependiendo del requisito que se necesite [13].

Desventajas

- Debe contener un elemento para facilitar el disco en la sección central. [13]

2.5.4 Selección del disco

El disco seleccionado es el **disco recto** puesto que lo que se busca es que el grano molido se controla por el hecho de que el maíz debe salir de manera obligada por sus alrededores, además porque se busca una molienda perfecta y sin grumos.

2.6 Alternativas de selección del motor para el molino

2.6.1 Alternativa 1: Motor monofásico

Los motores de una sola fase trabajan con corriente alterna (CA) como corriente continua (CC) y se suelen caracterizar por una combinación de láminas de sílice aisladas y apiladas para minimizar la pérdida de potencia debido a la corriente de fuga. Los motores monofásicos tienen

menos vueltas del inductor para no saturar el núcleo magnético, pero más vueltas del inducido para compensar la disminución del flujo [24].

Recomendado para uso en viviendas, oficinas, comercios, pequeñas instalaciones que no son industriales y casos especiales pequeñas fábricas ya que cumple con los requisitos energéticos de estos lugares [24].

2.6.2 Alternativa 2: Motor trifásico

Los motores eléctricos de tres fases se emplean para gesticular diferentes variedades de maquinaria, como grúas o sopladores, ventiladores, montacargas y bombas, se fabrican en una variedad de amplitud, voltajes y frecuencias. Las diferentes variedades de motores eléctricos de tres fases o trifásicos transforman la energía eléctrica en energía mecánica requerido a su diseño, que consiste en un estator, un rotor y escudos [25]. Ampliamente utilizado en el campo industrial, 150 % más potente que el motor monofásico [24].

2.6.3 Selección del motor para el molino

Se selecciona el **motor eléctrico monofásico** con las siguientes características:

Marca: WEG

Modelo: MO0IC0X0X0000301334

Potencia: 1 HP

Revolución por minutos: 1730 RPM

Voltaje: 110-127/220-254

Frecuencia: 60 Hz



Figura 20. Motor eléctrico monofásico seleccionado.

A su vez cabe recalcar que para la selección de la caja reductora se escogió de acuerdo a las vueltas que se necesitaría para moler el grano de choclo en base a la velocidad y tiempo predeterminado para la molienda respectiva.

Para ello la caja reductora seleccionada posee las siguientes características:

Marca: Varelly

Tipo: NMRV63

i: 20

PAM: 80B5



Figura 21. Caja Reductora seleccionada.

2.7 Alternativas para la selección de la dosificadora

2.7.1 Alternativa 1: Sistema de dosificación de caja volumétrica

El sistema tiene un depósito nominal a su vez una tolva en la parte superior. La caja de masa se desplaza sobre el riel y toma un cierto volumen de producto en donde la tolva se encuentra en la posición A y lo empuja a la posición B para descargar. La caja de recolección tiene una placa trasera que actúa como una cubierta para prevenir que la mezcla se derrame alrededor de la tolva al descargar la caja. El desplazamiento que genera la caja de volumen es de forma proporcional mediante un actuador neumático de efecto simple mediante el cual se controla una válvula de solenoide con ayuda de PLC [17].

Ventajas

- Componentes fáciles de fabricar y reemplazar [17].
- Costos de materiales y mano de obra accesibles [17].
- Se realiza una cantidad exacta al momento de empacar [17].

Desventajas

- Rendimiento muy escaso [17].
- Para cambiar el volumen del empaque, es necesario cambiar el empaque a granel [17].

2.7.2 Alternativa 2: Sistema de dosificación por pesaje

Por tolva o elevador, el producto se introduce en una bandeja equipada con un vibrador encargado de cargar el producto en la tolva de pesaje, donde se pesa y luego se descarga. La báscula registra el peso del producto envasado mediante un sensor de fuerza, que es un sensor de peso electrónico. Cuando el sensor de pesaje detecta el peso calibrado, envía una señal para detener el zumbador y cargar el producto y abrir la puerta de salida del producto [17].

Ventajas

- La dosificación se realiza de manera exacta [17].
- Fácil de construir puesto que lleva muy pocos componentes del que se vayan a mecanizar [17].

Desventajas

- Los sistemas de controles electrónicos son de valores muy elevados [17].
- El costo de mantenimiento es relativamente alto [17].
- El rendimiento es bajo ya que se utiliza un solo cabezal [17].

2.8 Parámetros para evaluación de alternativas

Existen diversos criterios para evaluar estructuras mecánicas, tales como seguridad, confiabilidad, facilidad de implementación, facilidad de operación, bajos costos de operación y mantenimiento, tamaño pequeño, peso ligero, materiales adecuados, apariencia, ergonomía, por ende se presenta los parámetros a considerar para la selección de alternativa del dosificador [17].

2.9 Costo

No se trata solo de los costos iniciales de la máquina (materiales, accesorios, fabricación y tecnología), sino también de los costos de operación y mantenimiento. La máquina que desea diseñar debe ser competitiva en costos con las máquinas nuevas y usadas en el mercado sin descuidar la eficiencia y la estética [17].

2.10 Versatilidad

Esto se refiere a cómo se comporta cada sistema en un conjunto separado. Es decir, el rendimiento de los elementos combinado con el funcionamiento adecuado para el que está diseñada la máquina. Este parámetro es muy importante en el caso de máquinas destinadas a la producción, donde cada fallo supone una avería muy grave [17].

2.11 Factibilidad de manufactura

Este estándar pretende simplificar el sistema sin dejar de lado las ventajas de la tecnología actual. Además, las partes que integran los distintos sistemas deben poder construirse con tecnología nacional, utilizando materiales comercialmente disponibles y componentes fácilmente disponibles [17].

2.12 Facilidad de mantenimiento

El mantenimiento de la máquina es muy importante para prolongar su vida útil. Todos los sistemas y elementos que componen la máquina están sujetos a falla y deben ser diseñados para que puedan ser reparados o reemplazados. Esto significa que la posibilidad de acceder fácilmente a determinados elementos del conjunto para realizar tareas de montaje y/o mantenimiento debe tenerse en cuenta a la hora de elegir alternativas [17].

2.13 Selección de la dosificadora

Se seleccionó la alternativa 1 el cual es **sistema de dosificación por caja volumétrica**. Cabe recalcar que la dosificadora que se está empleando para el proyecto técnico es una máquina el cual fue comprada teniendo en cuenta las mejores especificaciones y características para que cumpla el objetivo del proyecto.

El manual de la máquina en cuanto a sus especificaciones de acuerdo al uso se especifica dentro del Anexo 1, en donde se describe los puntos primordiales que se encuentran dentro del manual.

- Principios y propiedades
- Especificaciones
- Operación segura
- Operación de maquinaria

CAPÍTULO III

PROCESO DE FABRICACIÓN Y VALIDACIÓN

3.1 Molino

Para el proceso de construcción del molino con capacidad para 40 kg/h se detalla a continuación la fabricación y etapas de cada una de las piezas que conforman esta máquina.

3.1.1 Selección del soporte del molino de diámetro de 2 plg cedula 10

Se selecciona el soporte del molino el cual es de material de acero inoxidable AISI 304 con las medidas siguientes: 60 mm de diámetro x 224 mm de largo, se puede evidenciar en el plano 10.68.01.02.17.

Ver imagen en el Anexo 2, figura 26 del soporte del molino seleccionado

3.1.2 Fabricación de entrada rectangular para el soporte del molino

La cavidad, en la parte posterior se fabrica la entrada tipo rectangular de material de acero AISI 304, con las siguientes dimensiones: 100 mm de largo x 60 mm de ancho, en donde su proceso de elaboración tuvo que ver con corte de la materia prima, doblado de los filos internos y externos, y unión mediante soldadura Tig de la entrada rectangular con el soporte. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.17.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 27 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.3 Fabricación de tolva cónica

Se elabora la tolva en acero AISI 304 de forma rectangular con las siguientes dimensiones:

Base cuadrada: 402 mm de ancho x 362 mm de ancho

Base cónica: 362 mm de ancho x 310 mm de largo x 80 mm (plegado)

Ángulo de base cónica: 49°

Salida rectangular de la tolva cónica: 72 mm de ancho x 140 mm de largo.

El proceso de fabricación se basa con el corte de la materia prima, doblado de los filos internos, externos y plegado, y unión mediante soldadura Tig de las cuatro bases cónicas. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.08.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 28 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.4 Fabricación de disco de soporte para el disco fijo

Se realiza la fabricación del disco de soporte en material AISI 304, en donde las dimensiones son las siguientes: 150 mm de diámetro x 8 mm de espesor. A su vez se realizó tres perforaciones de diámetro de 10 mm el cual este disco sirve de soporte para el disco fijo.

El proceso de fabricación se emplea el torneado del disco, es decir cilindrado, refrentado y corte en donde mediante la rectificación se deja una base muy limpia y fina para luego acoplarla mediante pernos M10 al disco fijo. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.17.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 31 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.5 Fabricación de disco fijo y móvil

Se realiza la fabricación de los discos fijo y móvil en material AISI 5115 o el equivalente a E410, en donde las dimensiones son las siguientes: 150 mm de diámetro x 12 mm de espesor tanto disco fijo como disco móvil.

El disco móvil cuenta con un agujero en la parte central con una dimensión de 24 mm de diámetro el cual es pasante para la entrada del eje de la espiral del tornillo sin fin. Por otro lado, el disco fijo cuenta con un agujero en la parte central con una dimensión de 70 mm de diámetro el cual es pasante para el eje del tornillo sin fin, también posee tres agujeros simétricos pasantes con dimensión de 10 mm de diámetro y roscado interno M10.

El proceso de fabricación se emplea el torneado de los discos, es decir cilindrado, refrentado y corte en donde mediante la rectificación se deja una base muy limpia y fina, además del proceso de perforado se realiza a los diámetros establecidos para que puedan ingresar el eje y el espiral del tornillo sin fin. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.04 y en el plano 10.68.01.02.06.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 29 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.6 Fabricación de las muelas para los disco fijo y móvil

Se fabrica las muelas de los discos mediante el proceso de ranurado en la máquina fresadora, el cual posee las siguientes dimensiones: 2 mm de ancho x 2 mm de profundidad, cabe recalcar que el proceso de ranurado se lo ejecuta muy minucioso, por ende, se tiene que realizar de forma correcta y a un ángulo adecuado para que las muelas salgan perfectas y a su vez afiladas. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.04 y en el plano 10.68.01.02.06.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 32 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.7 Tratamiento térmico de las muelas

El material seleccionado es el acero AISI 5115 o el equivalente a E410, en donde el proceso de tratamiento térmico seleccionado es el cementado, razón por la cual trabaja a fatiga superficial, es decir aplastamiento o fricción.

El cementado inicia con la selección de la profundidad máxima que se va a tratar a los discos, en este caso es de 1.5 mm, luego los discos se insertan dentro de las cajas el cual son de material de acero soldado, para posteriormente ser sellada con masilla hechas de arena para fundir diluida con vidrio soluble (silicato de sodio) y llevadas al horno, en donde se mantienen ahí durante varias horas a una temperatura de entre 900°C y 950°C aproximadamente en un medio donde permita que el carbono se introduzca en la pared superficial del acero en función del tiempo, es decir se tiene la profundidad máxima de capa en cuanto a la difusión requerida. Para la mezcla de cementado se utiliza el 80 % de carbón vegetal pulverizado, con un 30 % de carbono de sodio (Na_2CO_3) que actúa como catalizador y que contribuye a la separación del carbono por su forma de estado natural. Por último, se efectúa un enfriamiento rápido a los discos con el fin de obtener una excelente tenacidad en el núcleo y dureza superficial.



Figura 22. Discos con tratamiento térmico de cementación.

3.1.8 Fabricación de eje motriz y hélices del tornillo sin fin

Se realiza la fabricación del eje motriz con material de acero AISI 304, en donde las dimensiones son las siguientes: 25 mm de diámetro x 321 mm de largo.

A su vez las hélices tienen las siguientes dimensiones: 52 mm de diámetro x 205 mm de largo x 1.5 mm de espesor, también cabe recalcar que el paso entre espiral es de 30 mm.

El proceso de elaboración se desarrolla mediante el torneado, perforado y corte del eje motriz, fresado del espiral o hélice y por último la unión mediante la soldadura Tig de la espiral con el eje motriz, a su vez un pulido minucioso de la soldadura para evitar cualquier limaña. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.05.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 30 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.9 Fabricación de tapa o recubierta

Se realiza la fabricación de la tapa en acero AISI 304, en donde sus dimensiones son las siguientes: 48 mm de diámetro x 28 mm de ancho.

El proceso de elaboración consiste en el torneado, es decir las operaciones de cilindrado y refrentado en donde se deja al diámetro requerido, a su vez el proceso de soldadura el cual va unida a la tuerca de 5/8". Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.03.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 33 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.10 Elementos de sujeción normalizados seleccionados

A continuación, se describe los elementos de sujeción normalizados seleccionados para el molino y el dosificador.

Molino

En la tabla 9 se detalla los diferentes pernos, tuercas, arandelas, rodamientos, retenedor, matrimonio y caucho seleccionados considerando la cantidad en unidades y la pieza o parte a sujetar.

Tabla 9. Elementos de sujeción normalizados para el molino.

MOLINO		
Elemento	Unidad	Pieza o parte a sujetar
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 3/4"	2	Sujeción de recubierta del motoreductor
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 3/4"	2	Sujeción de la tolva con la entrada rectangular de la cavidad
Perno allen acero inoxidable AISI 304 5/16" x 1"	2	Sujeción de la cavidad
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 1 1/2"	4	Sujeción del motoreductor con la base de soporte
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 1/2" junto con sus arandelas	6	Sujeción del disco fijo con el disco de soporte
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 2" junto con sus arandelas	3	Sujeción del eje menor del tornillo sin fin con el disco móvil
Tuerca acero inoxidable AISI 304 5/16 NC	1	Sujeción del eje menor del tornillo sin fin con el disco móvil
Perno acero inoxidable AISI 304 M12 x 25	2	Sujeción de platina plegada para regulación del disco
Tuerca acero inoxidable AISI 304 M12	2	Sujeción de platina plegada para regulación del disco
Tuerca acero inoxidable AISI 304 5/8" NC	2	Sujeción de la tuerca moleteada de ambos lados
Perno acero inoxidable AIS 304 3/8" x 2"	4	Sujeción de las bridas con el motoreductor
Tuerca acero inoxidable AISI 304 3/8" NC	4	Sujeción de las bridas del motoreductor
Rodamiento SKF W6205-2Z	1	Transmitir el movimiento del disco móvil
Retenedor LYO 25537 25 52 8 3	1	Transmitir el movimiento del disco móvil
Matrimonio AISI 304 LOVEJOY INC L-090 .250	2	Conexión del eje de la caja reductora con el tornillo sin fin
Caucho para matrimonio I0VFJOY ING USA I-090 I-095 92	1	Conexión del eje de la caja reductora con el tornillo sin fin
Rodamiento cónico SKF 32004X INDIA 12187U	1	Transmitir el movimiento del tornillo sin fin

Dosificador

En la tabla 10 se detalla los diferentes pernos y tuercas seleccionados considerando la cantidad en unidades y la pieza o parte a sujetar.

Tabla 10. Elementos normalizados seleccionados para el dosificador.

DOSIFICADOR		
Elemento	Unidad	Pieza o parte a sujetar
Perno acero inoxidable AISI 304 5/16" x 1"	4	Sujeción del dosificador a la base de soporte
Tuerca acero inoxidable AISI 304 5/16" NC	4	Sujeción del dosificador a la base de soporte

3.1.11 Fabricación del perno ajustador

Se realiza la fabricación del perno ajustador en material de acero AISI 304, en donde sus dimensiones son las siguientes: 55 mm de diámetro x 11 mm de espesor.

A su vez el eje central que viene siendo el tornillo roscado tiene las siguientes dimensiones: 5/8" de diámetro x 76 mm de largo.

El proceso de elaboración consiste en el torneado y fresado del diámetro mayor y menor de todo el eje, a su vez el moleteado del diámetro de 55 mm y el roscado del diámetro de 5/8". Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.01.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 35 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.12 Fabricación de platina plegada

Se realiza la fabricación de la platina plegada de material de acero AISI 304, en donde sus dimensiones son las siguientes: 260 mm de largo x 39 mm de ancho x 6 mm de espesor.

El proceso de elaboración consiste en el corte del material bruto, doblado de sus partes laterales, unión mediante soldadura Tig a las tuercas de 5/8" y perforado de agujero en sus extremos de diámetro de 12 mm. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.02.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 36 de la construcción de la pieza terminada.

3.1.13 Fabricación de base rectangular y refuerzos laterales

Se realiza la fabricación de la base rectangular de material de acero AISI 304, en donde sus dimensiones son las siguientes: 250 mm de largo x 30 mm de ancho x 4 mm de espesor.

A su vez se realiza los refuerzos laterales de material de acero AISI 304, en donde sus dimensiones son las siguientes: 60 mm de largo x 30 mm de ancho x 4 mm de espesor.

El proceso de elaboración consiste en el corte de la materia prima tanto de la base rectangular como de los refuerzos laterales, perforado de la base rectangular con un diámetro de 12 mm y la unión mediante soldadura Tig de los refuerzos junto con las bases y el disco de soporte. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.02.17.

Ver la imagen en el Anexo 2, figura 37 de la construcción de la pieza terminada.

3.2 Dosificador

En la máquina dosificadora solo se fabrica el bastidor o soporte, en donde se adapta llantas movibles con su respectivo seguro, se lo realiza para facilitar el mantenimiento de la máquina y del área donde se vaya a instalar.

3.2.1 Fabricación de bastidor o soporte

Se realiza la fabricación del bastidor o soporte de material de acero al carbono, en donde sus dimensiones son las siguientes: 860 mm de largo x 400 mm de ancho y 630 mm de alto.

El proceso de elaboración consiste en el corte de los diferentes tubos cuadrados para luego ser esmerilados y pulidos para la obtención de un buen acabado, por último, el proceso de unión mediante soldadura Tig de los diferentes tubos acoplándolos para formar su estructura final, el cual sirve de base para asentar el dosificador. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.01.08.

Ver la imagen en el Anexo 4, figura 40 de la construcción de la pieza terminada.

3.3 Estructura metálica

Posteriormente, se describe el procedimiento de fabricación de la estructura metálica, donde comprende los siguientes aspectos:

- Fabricación de escalera metálica
- Fabricación de soportes y pilares laterales transversales para la base
- Fabricación de base para el piso
- Fabricación de pasamano

3.3.1 Fabricación de escalera metálica

Se realiza la fabricación de la escalera metálica de material de acero al carbono, en donde sus dimensiones son las siguientes: 1037 mm de largo x 989 mm de alto x 580 mm de ancho.

Además, las dimensiones de cada una de las gradas son las siguientes: 245 mm de ancho x 529 mm de largo x 37 mm de alto x 4 mm de espesor. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.03.04

El proceso de elaboración consiste en el corte de los diferentes tubos cuadrados y planchas de láminas de acero para luego ser esmerilados y pulidos para la obtención de un buen acabado, luego se tiene el proceso de dobléz de los filos de cada una de las láminas para las escalinatas y por último el proceso de unión mediante soldadura Tig para conformar toda la estructura metálica de la escalera. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.03.01.

Ver la imagen en el Anexo 4, figura 41 de la construcción de la pieza terminada.

3.3.2 Fabricación de soportes y pilares laterales transversales para la base

Se realiza la fabricación de los soportes y pilares laterales y transversales de material de acero al carbono, en donde sus dimensiones son las siguientes: 1230 mm de largo x 700 mm de ancho x 989 mm de alto.

El proceso de elaboración consiste en el corte de los diferentes tubos cuadrados para luego ser esmerilados y pulidos para la obtención de un buen acabado, luego se procede a la unión mediante soldadura Tig de todos los cortes realizados tanto para los soportes y pilares laterales y transversales, mediante una muy buena soldadura puesto que tendrá que soportar el peso máximo de toda la maquinaria en general. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.03.01.

Ver la imagen en el Anexo 4, figura 42 de la construcción de la pieza terminada.

3.3.3 Fabricación de base para el piso

Se realiza la fabricación de la base para el piso de material de acero al carbono, en donde sus dimensiones son las siguientes: 1230 mm de largo x 700 mm de ancho x 2 mm de espesor.

El proceso de elaboración consiste en el corte de la plancha de lámina de acero de 2 mm de espesor para luego ser esmerilados y pulidos para la obtención de un buen acabado, por último, el proceso de unión mediante soldadura Tig para conformar la base del piso en donde la soldadura tiene que ser bien reforzada puesto que la base soportará esfuerzos máximos. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.03.02 y en el plano 10.68.01.03.03.

Ver la imagen en el Anexo 4, figura 43 de la construcción de la pieza terminada.

3.3.4 Fabricación de pasamano

Se realiza la fabricación del pasamano de material de acero al carbono, en donde sus dimensiones son las siguientes:

Para la escalera se tiene las siguientes medidas: 1350 mm de largo x 890 mm de alto.

Para la base se tiene las siguientes medidas: 1209 mm de largo x 890 mm de alto

Su proceso de elaboración consiste en el corte de los tubos circulares para luego ser esmerilados y pulidos para la obtención de un buen acabado, por último, se procede a la unión mediante soldadura Tig de los tubos para formar el pasamano. Se puede evidenciar sus medidas en el plano 10.68.01.03.01.

Ver la imagen en el Anexo 4, figura 44 de la construcción de la pieza terminada.

3.4 Proceso de planificación y ejecución

El proceso de planificación y ejecución se fundamenta en el manejo de diferentes símbolos para señalar operaciones específicas. Por lo tanto, la técnica a desarrollar en cuanto a lo planificado y ejecutado es mediante un diagrama de flujos, el cual permite la representación gráfica de los distintos pasos para la fabricación del molino dosificador, con indicaciones de orden lógico en el que debe realizarse tomando en cuenta los siguientes aspectos: cantidad, distancia total, tiempo hombre y actividades realizadas para cada proceso. A su vez se une mediante flechas o puntos donde se muestra el proceso de operatividad, el cual permita una mejor comprensión del desarrollo de fabricación.

A continuación, se detalla en las tablas 11, 12, 13 y 14 donde se indica el proceso de elaboración global de las piezas más importantes del molino dosificador.

Tabla 11. Proceso global: construcción de la tolva.











PROCESO		RESUMEN							
	Símbolo	Actividad	Actividades realizadas para cada proceso						
PROCESO GLOBAL: CONSTRUCCIÓN DE LA TOLVA		Compra	1						
		Transporte	1						
		Almacenamiento	1						
		Operación	5						
		Inspección	4						
		Total de actividades realizadas		12					
	Distancia total en metros		40.100						
	tiempo min/ hombre		930,50						
Pasos	Descripción del Proceso	Cantidad/# de pasada	Distancia metros	Tiempo en segundos	Símbolos para cada proceso				
									
1	Material planchas de acero inoxidable AISI 304	1	20.000	7200	●				
2	Transporte y almacenamiento al taller mecánico	1	20.100	9030		●	●		
3	Toma de mediciones y trazado de las caras y aristas	1		1800					●
4	Corte de las caras y aristas	4		3600				●	
5	Doblez de las caras y aristas	4		5400				●	
6	Esmerilado y pulido de los filos y aristas	4		3600				●	
7	Conformado y armado	1		5400					●
8	Punto de soldadura para las caras	12		3600				●	
9	Unión mediante cordón de soldadura para las caras	8		9000				●	
10	Inspección de soldadura	1		3600					●
11	Inspección de acabado	1		3600					●
Distancia y tiempo totales			40.100	55830					

Tabla 12. Proceso global: construcción del tornillo sin fin.
















PROCESO		RESUMEN							
		Símbolo	Actividad	Actividades realizadas para cada proceso					
PROCESO GLOBAL: CONSTRUCCIÓN DEL TORNILLO SIN FIN			Compra	1					
			Transporte	1					
			Almacenamiento	1					
			Operación	9					
			Inspección	6					
		Total de actividades realizadas				18			
Distancia total en metros				50200					
tiempo min/ hombre				1890					
Pasos	Descripción del Proceso	Cantidad/# de pasada	Distancia metros	Tiempo en segundos	Símbolos para cada proceso				
									
1	Material eje y lámina de acero inoxidable AISI 304	1	25000	7200	●				
2	Taller mecánico	1	25200	9000		●	●		
3	Toma de mediciones de la pieza en bruto	1		3600				●	
4	Cilindrado del diámetro mayor	3		10800				●	
5	Toma de medición del eje de diámetro mayor	1		3600				●	
6	Cilindrado del diámetro menor	5		7200				●	
7	Toma de medición del eje de diámetro menor	1		3600				●	
8	Chafanado de los filos de cada eje	3		2700				●	
9	Refrentado de las caras laterales	2		2700				●	
10	Toma de mediciones y trazado de la lámina para la hélice	1		5400				●	
11	Esmerilado y pulido de la lámina	1		7200				●	
12	Doblez de la lámina para formar la hélice	1		9000				●	
13	Conformado y armado	2		7200				●	
14	Puntos de soldadura de la hélice con el eje	8		7200				●	
15	Unión mediante cordón de soldadura de la hélice con el eje	1		14400				●	
16	Inspección de la soldadura	1		5400				●	
17	Inspección de acabado	1		7200				●	
Distancia y tiempo totales			50200	113400					

Tabla 13. Proceso global: construcción de los discos y muelas fijos y móvil.

PROCESO		RESUMEN		
		Símbolo	Actividad	Actividades realizadas para cada proceso
PROCESO GLOBAL: CONSTRUCCIÓN DE LOS DISCOS Y MUELAS FIJOS Y MÓVIL			Compra	1
			Transporte	1
			Almacenamiento	1
			Operación	13
			Inspección	8
				Total de actividades realizadas
		Distancia total en metros		36100
		tiempo min/ hombre		5910
















Pasos	Descripcion del Proceso	Cantidad/# de pasada	Distancia metros	Tiempo en segundos	Símbolos para cada proceso				
									
1	Material eje de acero AISI 5115	1	18000	7200	●				
	Taller mecánico	1	18100	5400		●	●		
2	Toma de medicion de la pieza en bruto para el disco fijo	1		3600					●
3	Cilindrado del disco fijo	5		43200				●	
4	Toma de medicion del eje del disco fijo	3		3600					●
5	Perforado del agujero central pasante del disco fijo	4		9000				●	
6	Toma de medicion del agujero central pasante del disco fijo	1		7200					●
7	Perforado de agujeros simétricos pequeño del disco fijo	3		9000				●	
8	Toma de mediciones del agujero del disco fijo	1		3600					●
9	Refrentado de las caras laterales del disco fijo	2		14400				●	
10	Roscado pasante de los agujeros simétricos	3		7200				●	
11	Fabricacion de muelas del disco fijo	100		57600				●	
12	Toma de medidas de las muelas del disco fijo	3		10800					●
13	Elaboración de entradas del disco fijo	7		18000				●	
14	Toma de mediciones de la pieza en bruto para el disco móvil	1		3600					●
15	Cilindrado del eje mayor del disco movil	5		14400				●	
16	Cilindrado y refrentado del eje menor del disco movil	10		14400				●	
17	Perforado del agujero central pasante del disco movil	3		10800				●	
18	Perforado del agujero pasante lateral para el eje menor del disco movil	2		10800				●	
19	Refrentado de las caras laterales del disco movil	2		14400				●	
20	Fabricacion de las muelas del disco móvil	100		57600				●	
21	Elaboracion de entradas del disco móvil	5		18000					●
22	Toma de medicion de la muelas del disco móvil	3		10800					●
Distancia y tiempo totales			36100	354600					

Tabla 14. Proceso global: construcción de la base del dosificador.

PROCESO		RESUMEN		
<p style="text-align: center;">PROCESO GLOBAL: CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DEL DOSIFICADOR</p>		Símbolo	Actividad	Actividades realizadas para cada proceso
			Compra	1
	Transporte	1		
	Almacenamiento	1		
	Operación	5		
	Inspección	4		
		Total de actividades realizadas	12	
		Distancia total en metros	2600	
		tiempo min/ hombre	455	

Pasos	Descripción del Proceso	Cantidad/# de pasada	Distancia metros	Tiempo en segundos	Símbolos para cada proceso				
									
1	Tubo cuadrado 40x40x2e	1	1200	1800	●				
2	Taller mecánico	1	1400	1200		●			
3	Toma de mediciones del tubo	1		1800				●	
4	Corte individual de cada tubo	7		900				●	
5	Inspección de los tubos cortados	7		1800				●	
6	Esmerilado y pulido de los tubos cortados	7		1800				●	
7	Conformado y armado de la base	5		5400				●	
8	Puntos de soldadura para la base	12		3600				●	
9	Unión mediante cordón de soldadura para la base	22		5400				●	
10	Inspección de soldadura	1		1800				●	
11	Inspección de acabado	1		1800				●	
Distancia y tiempo totales			2600	27300					

3.5 Tiempos de soldadura

Para los cálculos de tiempo de soldadura se divide el proceso en dos fases las cuales se detalla a continuación:

3.5.1 Primera fase

En la primera fase se considera el proceso de soldadura TIG, en donde los elementos que se considera para la unión de cada una de las piezas son las siguientes:

- Tornillo sin fin
- Cavidad, entrada rectangular y soportes laterales
- Tolva cónica
- Base para el dosificador

A su vez, mediante la información y recolección de datos obtenidos proporcionados por parte del maestro mecánico, se detalla que para soldar un cordón en donde posee una longitud de 100 mm se demora aproximadamente un tiempo de 40s, programando la máquina soldadora a un amperaje de 40A. También se tiene que tomar en consideración que los datos entregados son por los años de experiencia y trabajos especiales realizados mediante este tipo de soldadora.

Tornillo sin fin

Para la unión mediante la soldadura Tig del eje motriz junto con la espiral o hélice se tomaron los siguientes datos:

1er cordón interno = 600 mm de longitud

2do cordón externo = 600 mm de longitud

$$\text{Longitud total del cordón} = 600 \text{ mm} + 600 \text{ mm} = \mathbf{1200 \text{ mm}}$$

Cálculo del tiempo de suelda

En el cálculo de tiempo de suelda se desarrolla la regla de tres simple empleando los siguientes datos:

$$100 \text{ mm} \rightarrow 40s$$

$$1200 \text{ mm} \rightarrow t$$

$$t = \frac{1200 \text{ mm} * 40s}{100 \text{ mm}} \quad t = \mathbf{480s = 8 \text{ min}}$$

Cavidad, entrada rectangular y soportes laterales

Para la unión mediante la soldadura Tig de la cavidad, entrada rectangular y soportes laterales se tomaron los siguientes datos:

Entrada interna rectangular = 335 mm

Unión de la base rectangular con la cavidad = 390 mm

*Unión de soportes laterales = 22 mm * 4 = 880 mm*

$$\mathbf{Longitud\ total\ del\ cordón = 335\ mm + 390\ mm + 880\ mm = 1605\ mm}$$

Cálculo del tiempo de suelda

En el cálculo de tiempo de suelda se desarrolla la regla de tres simple empleando los siguientes datos:

$$100\ mm \rightarrow 40s$$

$$1605\ mm \rightarrow t$$

$$t = \frac{1605\ mm * 40s}{100\ mm} \quad \mathbf{t = 642s = 11\ min}$$

Tolva cónica

Para la unión mediante la soldadura Tig de la tolva cónica se tomaron los siguientes datos:

*Esquinas externas = 480 mm * 4 = 1920 mm*

Unión de las aristas de la entrada rectangular = 380 mm

$$\mathbf{Longitud\ total\ del\ cordón = 1920\ mm + 380\ mm = 2300\ mm}$$

Cálculo del tiempo de suelda

En el cálculo de tiempo de suelda se desarrolla la regla de tres simple empleando los siguientes datos:

$$100 \text{ mm} \rightarrow 40s$$

$$2300 \text{ mm} \rightarrow t$$

$$t = \frac{2300 \text{ mm} * 40s}{100 \text{ mm}} \quad t = 920s = 15.35 \text{ min}$$

Base para el dosificador

Para la unión mediante la soldadura Tig de la base para el dosificador se tomaron los siguientes datos:

$$\text{Base} = 800 \text{ mm} * 2 = 1600 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud total del cordón} = 1600 \text{ mm}$$

Cálculo del tiempo de suelda

En el cálculo de tiempo de suelda se desarrolla la regla de tres simple empleando los siguientes datos:

$$100 \text{ mm} \rightarrow 40s$$

$$1600 \text{ mm} \rightarrow t$$

$$t = \frac{1600 \text{ mm} * 40s}{100 \text{ mm}} \quad t = 640s = 11 \text{ min}$$

3.5.2 Segunda fase

En la segunda fase se considera el proceso de suelda por arco eléctrico, en donde los elementos que se considera para la unión de cada una de las piezas son las siguientes:

- Escalera metálica
- Soportes y pilares laterales transversales para la base
- Base para el piso
- Pasamanos

A su vez, mediante la información y recolección de datos obtenidos proporcionados por parte del maestro mecánico, se detalla que para soldar un cordón en donde posee una longitud de 50 mm se demora aproximadamente un tiempo de 10s, programando la máquina soldadora a un amperaje de 80A. También se tiene que tomar en consideración que los datos entregados son por los años de experiencia y trabajos especiales realizados mediante este tipo de soldadora.

Cabe recalcar que los datos obtenidos de las longitudes de las soldaduras de la estructura metálica se la toma de manera global en donde se incluye la escalera metálica, soportes y pilares laterales transversales para la base, base para el piso y pasamanos, por ende se tomaron los siguientes datos:

Estructura pasamano = 3350 mm

Estructura de la base para el piso = 6210 mm

Soportes y pilares laterales transversales = 1130 mm

Estructura escalera metálica = 1200 mm

Longitud total del cordón = 11890 mm

Cálculo del tiempo de suelda

En el cálculo de tiempo de suelda se desarrolla la regla de tres simple empleando los siguientes datos:

$$50 \text{ mm} \rightarrow 10\text{s}$$

$$11890 \text{ mm} \rightarrow t$$

$$t = \frac{11890 \text{ mm} * 10\text{s}}{50 \text{ mm}} \quad t = 2378\text{s} = 40 \text{ min}$$

3.6 Tiempos de construcción y ensamble

Para los cálculos de tiempo de construcción se consideraron los siguientes parámetros o elementos que se describen a continuación:

- Tolva

- Molino
 - Tornillo sin fin
 - Disco fijo y móvil, muelas de trituración
 - Cavidad
- Base metálica del dosificador
- Estructura metálica

En base a los parámetros seleccionados, la tabla 15 detalla los diferentes tiempos de construcción para cada una de las piezas individuales que conforman el molino y el dosificador.

Tabla 15. Tiempos de construcción para cada pieza individual.

Pieza	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)
Tolva	945,83	15,76
Tornillo sin fin	3681,48	61,35
Disco fijo y móvil, muelas de trituración	5910	98,50
Cavidad	130,70	2,17
Base metálica del dosificador	465,66	7,76
Estructura metálica	189,63	3,16
Total	11323,30	188,70

Para el cálculo del tiempo total de construcción, se considera el tiempo de construcción de cada pieza individual en donde se realiza una operación de transformación de horas a días, considerando que 1 día es equivalente a 8 horas diarias de trabajo laboral.

$$t = 188,70 \text{ h} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ h}}$$

$$\mathbf{t = 23,58 \text{ días} \approx 24 \text{ días}}$$

Para el ensamble se considera el armado total del molino dosificador, teniendo en cuenta a su vez la máquina mezcladora, por ende, en la tabla 16 se presenta el tiempo que dura ensamblar cada máquina a la estructura metálica.

Tabla 16. Tiempo de ensamble total.

Máquina	Tiempo de ensamble (min)
Molino	35
Mezcladora	45
Dosificador	15

3.7 Cálculo de relación de transmisión para poleas y longitud de la correa

Al realizar las pruebas de funcionamiento en el molino, se detecta que al momento de moler el grano de choclo a un cierto tiempo establecido sobresale del mismo, puesto que el motoreductor no genera la velocidad adecuada acorde a lo deseado, por ende, se procede a modificar el mecanismo antiguo y reemplazarlo por un sistema de transmisión de poleas.

Para determinar el tamaño ideal de las poleas tanto conducida y conductora, se calcula la relación de transmisión referente al rpm que posee actualmente el motoreductor, en este caso de 85 rpm, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$R_t = M_x * \frac{ct}{cd}$$

$$R_t = 85 * \frac{84}{60}$$

$$R_t = 119 \text{ rpm}$$

En el cálculo de la distancia de la cadena, se debe obtener datos del radio de las poleas conducida y conductora, en donde poseen 30 mm y 40 mm, a su vez medir la distancia entre centros de ambas, en donde se obtiene un valor de 440 mm.

Para ello se emplea los siguientes datos:

$$\frac{2\pi * r}{2} = \frac{2\pi * 30}{2} = 30\pi \text{ mm}$$

$$\frac{2\pi * R}{2} = \frac{2\pi * 42}{2} = 42\pi \text{ m}$$

Es decir, son la mitad de las longitudes de cada circunferencia.

La longitud del trazo de la correa viene dada por la siguiente fórmula:

$$\sqrt{(d^2 + a^2)} \quad (4.3)$$

$$\sqrt{(440^2 + 12^2)} = 440.16 \text{ mm}$$

Por último, se suman todas las longitudes para conocer la longitud total de la correa

$$(30\pi + 42\pi + 440.16) * 2 = 1106.51 \text{ mm}$$

3.8 Validación

Para la validación del correcto funcionamiento del molino dosificador se tuvo que realizar tres pruebas en donde se tomó en cuenta las siguientes características:

- Tipo de molienda (seca, poco húmeda, muy húmeda)
- Cantidad de grumos (normal, poco o nada)
- Tiempo de molienda


3.8.1 Prueba 1

La primera prueba se la realiza con el segundo prototipo construido, es decir con la entrada tipo rectangular y adaptable con pernos, en donde se observa que el tipo de molienda que realiza el molino fue muy seca puesto que la pasta de maíz era muy áspera, y los discos al ser probados por primera vez y estar contruidos con un material que es el acero AISI 304, puesto que al realizar su movimiento de giro ocasiona fricción, roce y desgaste de las muelas del disco fijo y móvil produciendo mucha limañas mesclandose con la molienda del choclo. A su vez la cantidad de grumos era normal, en donde no se podía controlar muy bien la regulación del disco móvil puesto que existía un desbalanceo un poco exagerado y por ende el tiempo de molienda fue de aproximadamente 17,06 minutos para una capacidad de 5 kg de choclo, todo esto debido a que las muelas no estaban bien diseñadas y a su vez el material no era el adecuado para su correcto funcionamiento.



Figura 23. Molienda del choclo muy seco y con bastantes grumos.

Tabla 17. Prueba uno del molino.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA					
FORMATO DE PRUEBAS-MOLINO DOSIFICADOR					
Responsables:	Eduardo Morales y Bryan Quespat				
Tipo de máquina:	Molino				
Lugar:	Taller mecánico Tercer construcción	Fecha:	20	01	2023
Prueba N°:	1				
CRITERIOS	Falla	No falla	Observaciones		
Sistema motriz	X		¿Por qué el motor vibra?		
Ajuste de estructura	X		Pasando piso		
Maniobrabilidad		✓			
Fiabilidad de la tarea	X		No cumple tiempo de molido.		
Facilidad de transporte		✓			
Capacidad de molienda (Kg/h)	40kg = 140 min tiene que bajar tiempo				
Tiempo de molienda (min)	40kg = 1140 min				
Capacidad de dosificado	X				
Tiempo de dosificado (min)					

3.8.2 Prueba 2

La segunda prueba se la realiza con el segundo prototipo construido, es decir con la entrada tipo rectangular y adaptable con pernos, en donde se observa que el tipo de molienda fue un poco más húmeda, es decir tenía algo de contextura en cuanto a la pasta de maíz. A su vez la cantidad de grumos era poca y al ser la segunda prueba y con las observaciones dadas en la primera prueba de funcionamiento se procede a cambiar el material de los discos fijo y móvil a un acero AISI 5115 o E410 con un tratamiento térmico especial de cementación, en donde es mínima el contacto y se desgasten por la fricción. A su vez el desbalanceo de los discos era menos notorio y por ende el tiempo de molienda fue de 2,5 minutos para una capacidad de 1.3 kg de choclo, puesto que se modifica la entrada con una abertura más grande y sin la necesidad de empujar el choclo a la espiral del tornillo sin fin.



Figura 24. Molienda del choclo poco húmeda y con pocos grumos.

3.8.3 Prueba 3

La tercera prueba se la realiza con el mismo segundo prototipo, en donde se observa que el tipo de molienda fue muy húmeda, es decir tenía la contextura adecuada de la pasta de maíz. A su vez no existe grumos, porque al ser la última prueba, los discos ya se adaptaron de manera adecuada en cuanto a la regulación y separación estándar indicada mediante galgas de espesor de 0,5 mm. A su vez el desbalanceo de los discos ya no era notorio y por ende el tiempo de molienda fue de 60 minutos para una capacidad de 40 kg de choclo.



Figura 25. Molienda de choclo muy húmeda y sin nada de grumos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cuarto capítulo se describe los costos directos e indirectos del proceso de construcción e implementación del molino dosificador para la elaboración de la pasta de maíz. Para los cálculos se debe tener en cuenta los siguientes puntos más importantes:

- Gasto de materiales y equipos
- Costo del trabajo
- Elaboración de partes de las máquinas y estructura
- Transporte y alimentación
- Costo total del molino dosificador

4.1 Costos directos

En esta sección se detalla los gastos de materiales y equipos a utilizar.

Tabla 18. Gastos de materiales y equipos a utilizar.

MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR					
ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
1	Placa acero Inox mate 1.2 mm 304 2B (28.04 Kg)	u	1	129,70	129,70
2	Placa acero Inox mate 3.0 mm 304 2B (70.11 Kg)	u	2	347,74	695,48
3	Platina acero Inox 38x3 mm (5.43 kg)	u	2	37,00	74,00
4	Varilla acero Inox 1/2x6 m (6.20 kg)	u	1	37,36	37,36
5	Placa L/C 300X300X6 mm (4.245)	u	2	9,45	18,90
6	T cuadrado 20X1.5 (3/4X1.5) 5.26 kg	u	2	9,67	19,34
7	Cara acople lovejoy L-090 1/4	u	2	17,16	34,32
8	Cauchos levejoy L-090/095	u	1	15,84	15,84
9	Motor W4075 3450 rpm 110/220 V 60 Hz de 2 Hp	u	1	120,00	120,00
10	Motor WEG monofásico 1 Hp 1800 rpm abierto	u	1	135,17	135,17
11	Caja reductora NMRV 063 i30 S/N08 para el motor de 2 Hp	u	1	130,00	130,00
12	Caja reductora Varelly NMRV63 i20 S1803/46250-4	u	1	545,00	545,00
13	Adaptación de ejes y bridas	u	1	253,58	253,58
14	Ventilador para motor de 1hp	u	1	15,00	15,00

15	Rodamiento 6204	u	1	4,00	4,00
16	Juego de acoples para compresor	u	1	5,80	5,80
17	Dosificador GWEFP/L	u	1	1235,00	1235,00
18	Cable concentrico 3*12	u	5	2,30	11,50
19	Cable THHN-FLEX 12 AWG 41H 90oC 600V	m	5	0,62	3,10
20	Cable flexible #18	u	20	0,19	3,80
21	Hongo seguridad NC 40mm	u	1	4,02	4,02
22	Contactador chint NXC-18 220V 50/60 Hz 18AMP 3P	u	2	17,05	34,10
23	Fusible ceramica 10X38mm_2A	u	2	0,47	0,93
24	Fusible ceramica 10X38mm_8A	u	4	0,45	1,78
25	Gabinete metalico servicio liviana (300X200X150) mm I-0302	u	1	31,25	31,25
26	Luz piloto verde 12-450V 22mm- ICO0235	u	2	2,23	4,46
27	Portafusible C/LUZ 10X38 1P 32A 380V SASSIN	u	6	2,46	14,73
28	Pulsador CHINT NP2-EA44 rojo 2 contactos NC	u	2	3,13	6,25
29	Pulsador simple verde 2NA CHINT- NP2-EA33	u	2	3,13	6,25
30	Perno acero inoxidable ASI 304 M12X25 con tuerca	u	2	1,50	3,00
31	Tuerca 5/8" NC	u	2	1,70	3,40
32	Rodamiento SKF_30205	u	1	3,50	3,50
33	Perno acero inoxidable ASI 304 5/16" X 1/2"	u	3	1,75	5,25
				SUBTOTAL	3605,82
				IVA 12%	432,70
				TOTAL	4038,51

4.2 Costo del trabajo

En la Tabla 19 se detalla el costo del trabajo total de la máquina.

Tabla 19. Costo del trabajo.

ITEM	Trabajador	Pago/Hora	Valor Hora	Total en dólares
1	Maestro mecánico	8	118	944
2	Ayudante mecánico	8	69,50	556
TOTAL				1500

4.3 Costo de producción por pieza

A continuación, en la Tabla 20 se detalla el costo de producción de piezas, es decir la elaboración de partes de la máquina molino dosificador y estructura metálica.

Tabla 20. Costo de producción por pieza.

ELABORACION DE PARTE DE LAS MAQUINAS Y ESTRUCTURAS					
ITEM	Elemento	Proceso	Valor hora en dólares	Tiempo mecanizado en horas	Valor total dólares
1	Tubo principal	Torneado	10,00	4	40,00
		Fresado	10,00	4	40,00
		Corte	4,00	0,30	1,20
		Perforado	5,00	2	10,00
		Doblez	3,00	0,40	1,20
		Soldadura	14,00	1	14,00
2	Tolva	Corte	4,00	0,30	1,20
		Doblez	3,00	0,10	0,30
		Soldadura	14,00	1	14,00
3	Disco fijo	Torneado	10,00	4	40,00
		Corte	4,00	1	4,00
		Perforado	5,00	2	10,00
4	Disco móvil	Torneado	10,00	4	40,00
		Corte	4,00	1	4,00
5	Muela para los discos	Perforado	5,00	2	10,00
		Fresado	10,00	10	100,00
		Torneado	10,00	4	40,00
6	Tornillo sin fin	Fresado	10,00	4	40,00
		Corte	4,00	1	4,00
		Perforado	5,00	0,30	1,50
		Pulido	4,00	0,40	1,60
7	Disco de soporte	Soldadura	14,00	2	28,00
		Torneado	10,00	4	40,00
		Corte	4,00	1	4,00
8	Tapa o recubierta	Perforado	5,00	2	10,00
		Torneado	10,00	0,30	3,00
		Soldadura	14,00	0,10	1,40
9	Tuerca moleteada	Torneado	10,00	2	20,00
		Fresado	10,00	0,30	3,00
		Moletado	8,00	1	8,00
		Roscado	10,00	1	10,00
		Corte	4,00	0,10	0,40
10	Platina delgada	Corte	4,00	0,3	1,20
		Doblez	3,00	0,1	0,30
		Soldadura	14,00	0,8	11,20

		Perforado	5,00	0,50	2,50
		Corte	4,00	0,15	0,60
11	Base rectangular y pequeña	Perforado	5,00	0,80	4,00
		Soldadura	14,00	0,20	2,80
	Adaptación de eje del reductor para el molino	Torneado	10,00	1	10,00
12		Fresado	10,00	0,4	4,00
		Corte	4,00	0,10	0,40
	Adaptación de brida para el motor del molino	Torneado	10,00	2	20,00
13		Perforado	5,00	0,15	0,75
		Corte	4,00	0,10	0,40
	Bastidor o soporte para el dosificador	Corte	4,00	0,20	0,80
14		Soldadura	14,00	0,50	7,00
		Pulido	4,00	0,40	1,60
		Corte	4,00	1	4,00
15	Escalera metálica	Doblez	3,00	1	3,00
		Soldadura	14,00	2	28,00
16	Soportes y pilares	Corte	4,00	1	4,00
		Soldadura	14,00	1	14,00
		Corte	4,00	0,30	1,20
17	Base para el piso	Pulido	4,00	0,20	0,80
		Soldadura	14,00	0,30	4,20
		Corte	4,00	0,30	1,20
18	Pasamanos	Soldadura	14,00	1	14,00
		Pulido	4,00	0,40	1,60
		Corte	4,00	1	4,00
19	Base para el motoreductor	Soldadura	14,00	1	14,00
		Pulido	4,00	0,20	0,80
		Perforado	5,00	0,10	0,50
				TOTAL	707,65

4.4 Costo de transporte y alimentación

En la Tabla 21 se detalla los costos unitarios y totales de transporte y alimentación.

Tabla 21. Costo de transporte y alimentación.

TRANSPORTE Y ALIMENTACIÓN				
ITEM	Descripción	Cantidad de flete/comida	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
1	Alimentación	6	3,50	21,00
2	Gasolina	6	8,50	51,00
3	Trasnporte de los equipos al taller mecánico	3	5,00	15,00

4	Transporte de la maquina general a la Asociacion	1	30,00	30,00
			TOTAL	117,00

4.5 Costo total de la máquina

En la Tabla 22 se detalla los costos directos como lo es: costo ingenieril, imprevistos y utilidades.

Tabla 22. Costos indirectos.

ITEM	Detalle	Cantidad (10 %)	Valor total en dólares
1	Costo ingenieril	20 %	140,00
2	Imprevistos	10 %	120,00
3	Utilidad	5 %	115,00
TOTAL			260,00

En la Tabla 23 se describe los costos directos e indirectos de la máquina molino dosificador.

Tabla 23. Costo total de la máquina.

Detalle costo		Valor total en dólares
	Materiales/equipos	4038,51
	Mano de obra	1500,00
Directos	Elaboración de partes y estructura	707,65
	Transporte/alimentación	117,00
Indirectos	Varios	140,00
	Imprevistos	120,00
TOTAL		6623,16

4.6 Costos comparativos

Primero se realiza una tabla en donde se especifica el costo unitario y costo total del molino y del dosificador, incluyendo la mezcladora y estructura metálica. Ver Tabla 24.

Tabla 24. Valores de estudio de fabricación para cada máquina.

ITEM	Descripción	Cantidad	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
1	Molino de grano de maíz	1	\$ 1.330,21	\$ 1.330,21
2	Dosificador	1	\$ 1.253,04	\$ 1.253,04
3	Mezcladora y estructura metálica	1	\$ 2.974,91	\$ 2.974,91
TOTAL				\$ 5.558,16

Luego se procede con los costos comparativos teniendo solo en cuenta los valores de estudio del molino y dosificador.

4.6.1 Costo comparativo del molino

Se detalla el costo comparativo del molino de estudio realizado, comparando con un molino similar buscando en páginas web como mercado libre o realizando proformas en diferentes industrias comerciales de venta de este tipo de máquina. Ver Tabla 25.

Tabla 25. Costos comparativos del molino.

Detalle del molino	Costo
Molino de grano de maíz (estudio)	\$ 1.330,21
Molino tritura granos comercial eléctrico 1 Hp marca Del Rey	\$ 6.500,00
Diferencia	\$ 5.169,79

4.6.2 Costo comparativo del dosificador

Se detalla el costo comparativo del dosificador de estudio realizado, comparando con un dosificador similar buscando en páginas web como mercado libre o realizando proformas en diferentes industrias comerciales de venta de este tipo de máquina. Ver Tabla 26.

Tabla 26. Costos comparativos del dosificador.

Detalle del dosificador	Costo
Dosificador flamingo modelo GWEFP/L (estudio)	\$ 1.253,04
Máquina dosificadora para líquidos y viscosos modelo DS-SA1000DP1B	\$ 2.300,00
Diferencia	\$ 1.046,96

4.7 Cálculo de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)

El TMAR es la rendimiento mínima deseada para la producción de un molino dosificador, donde está dada por la Ecuación 4.1 [26].

$$TMAR = i' + f + t \quad (4.1)$$

Donde:

TMAR: tasa mínima atractiva de retorno [26]

i' : Riesgo país [26]

f : Tasa de inflación [26]

t : Tasa activa de referencia [26]

Según datos obtenidos del BCE (Banco Central del Ecuador), el riesgo país regular para el primer semestre del año es de 7,35 %, la tasa de inflación ronda el 3,09 % y la tasa de referencia operativa ronda el 8,8 % [26].

$$TMAR: 7.35 \% + 3.09 \% + 8.8 \%$$

$$TMAR = 19.24 \%$$

4.8 Cálculo del VAN y TIR

En la Tabla 27 se muestra el proceso productivo del molino dosificador, se calcula que en cada periodo el incremento en las ventas del producto será del 5 %. El impuesto será del 12 % , para cada fase se evalúa como un año [26].

Tabla 27. Análisis de producción.

	Análisis de producción					
	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Ventas por producción		\$ 7.800,00	\$ 11.700,00	\$ 17.550,00	\$ 26.325,00	\$ 39.487,50
Costos por mantenimiento		\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00
Costos por operación		\$ 425,00	\$ 425,00	\$ 425,00	\$ 425,00	\$ 425,00
Impuestos		\$ 200,00	\$ 224,00	\$ 250,88	\$ 280,99	\$ 314,70
Utilidad neta por ventas		\$ 800,00	\$ 2.100,00	\$ 4.050,00	\$ 6.975,00	\$ 11.362,50
Inversión inicial	\$ -5.558,00					
Flujo neto de inversión	\$ -5.558,00	\$ 800,00	\$ 2.100,00	\$ 4.050,00	\$ 6.975,00	\$ 11.362,50

4.8.1 Cálculo del valor actual neto (VAN)

El modelo VAN de una transposición es la cifra actualizada en cuanto a diversos rendimientos que se esperan [26] [27].

el cálculo del valor actual neto permitirá entender si la fabricación del molino dosificador es factible o no es factible. Se utiliza la ecuación 4.2 [26].

$$VAN = -Inversión\ inicial + \sum_{n=1}^T \frac{FN}{(1+r)^n} \quad (4.2)$$

Donde:

FN: Flujo neto de cada período [26]

r: Tasa de descuento [26]

n: Número de período

Si $VAN > 0$ Proyecto es factible [26]

Si $VAN = 0$ Proyecto no es beneficioso

Si $VAN < 0$ Proyecto no factible [26]

Con los datos que se obtiene en la tabla 27 se calcula el valor actual neto de la ecuación 4.2.

$$VAN = -5558,16 + \frac{800}{1 + 0,10^1} + \frac{2100}{1 + 0,10^2} + \frac{4050}{1 + 0,10^3} + \frac{6975}{1 + 0,10^4} + \frac{11362,5}{1 + 0,10^5}$$

$$VAN = 3029,41\ USD$$

Por lo tanto, el resultado obtenido del VAN en cuanto a la proyección genera una ganancia, es decir, el proyecto es factible.

4.8.2 Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

TIR es el interés pagado sobre los saldos pendientes prestados o el interés recibido sobre los saldos pendientes de inversiones, de modo que el pago final o la entrada sea exactamente igual a cero, incluido el dinero [26] [28].

Cabe recalcar que una inversión es rentable si la TIR recibida es superior a la tasa de rentabilidad adquirida, esto le permite determinar cuánto interés rendirá la inversión [26].

Se utiliza la ecuación 4.2 para calcular el valor del TIR.

$$VAN = -Inversion\ inicial + \sum_{n=1}^T \frac{FN}{(1+r)^n} \quad (4.2)$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno

$$0 = -5558,16 + \frac{800}{(1 + TIR)^1} + \frac{2100}{(1 + TIR)^2} + \frac{4050}{(1 + TIR)^3} + \frac{6975}{(1 + TIR)^4} + \frac{11362,5}{(1 + TIR)^5}$$

$$TIR = 50\%$$

Si $TIR > 0 \%$ Proyecto es factible [26]

Si $TIR = 0 \%$ Proyecto no es beneficio [26]

Si $TIR < 0 \%$ Proyecto no es factible [26]

De acuerdo a los resultados obtenidos se llega a concluir de que el proyecto es factible [26].

4.9 Cálculo del periodo recuperación de la inversión (PRI)

Para el cálculo del periodo de recuperación de la inversión se considera los siguientes aspectos como: ingresos, egresos, flujo neto de caja y flujo neto de caja acumulado. Ver Tabla 28.

Tabla 28. Datos para Cálculo del PRI.

INGRESOS	EGRESOS	FNC	FNC Acum
7.800,00	7.000,00	800,00	800,00
11.700,00	9.600,00	2.100,00	2.900,00
17.550,00	13.500,00	4.050,00	6.950,00
26.325,00	19.350,00	6.975,00	13.925,00
39.487,50	28.125,00	11.362,50	25.287,50

A su vez con los datos obtenidos de la Tabla 28 se procede a utilizar la fórmula de PRI obteniendo los resultados de la Tabla 29.

Tabla 29. PRI calculado.

PRI = a + ((b - c) / d)	
Donde:	
a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión	2
b = Inversión Inicial	5.558,16
c = Flujo de Efectivo Acum del año inmediato anterior en el que se recupera la inv	2.900,00
d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.	4.050,00
PRI 2,6563358	

Finalmente, el periodo de inversión de recuperación inicial se recuperará en dos años con siete meses y 24 días.

Tabla 30. Año de Recuperación.

PRI = 2,65 años		
AÑOS	MESES	DÍAS
2	0,65 * 12	0,80 * 30
2	7,8	24

CONCLUSIONES

- Para validar el diseño y simulación propuesto se procede a verificar en el programa Inventor Professional, para la ejecución y aprobación del Plano general, una vez que se verifica las medidas se procede a realizar los planos de fabricación, detallando cada una de las etapas en cuanto a la construcción del molino dosificador y a su vez realizando pruebas de validación y funcionamiento para su correcto uso.
- Considerando que va a estar en contacto con partículas alimenticias se determina que el modelo elemental más apropiado para la construcción del molino dosificador, y que debe cumplir con todos los datos y normas específicas es el acero AISI 304, en donde posee características de uso alimenticio y además por ser un acero que no se oxida fácilmente estando a la interperie o cuando entra en contacto con los alimentos y con norma de calidad 9001.
- Se implementa el molino dosificador para la asociación Alimentando con Sabiduría, el cual la máquina posee un molino que tiene para una capacidad de molienda de 40 Kg/h, con un motorreductor de 1 Hp que gira a 120 rpm, además en la parte de la mezcladora posee un motorreductor de 2 Hp que gira a 115 rpm, y por último se tiene el dosificador con capacidad del recorrido del pistón de 250 mm, y en donde dosifica 150 g/min, de pasta de maíz con un aire presurizado de 2 bares.
- Se evalúa la factibilidad económica de la implementación del proyecto mediante un estudio financiero, en donde se detallaron los precios de las máquinas las cuales serían de \$ 1330,21 dólares el molino, \$ 1253,04 el dosificador, 2974,91 la mezcladora, y a su vez el análisis del VAN y del TIR en donde se concluye que se puede recuperar la inversión inicial en 2 años con 7 meses y 24 días.

RECOMENDACIONES

- Se podría construir e implementar una máquina desgranadora de choclo adaptándola al diseño ya propuesto, para que sea capaz de desgranar los granos de una forma más fácil y sencilla, dejando atrás la intervención de la mano humana y así completar todo el proceso de elaboración que lleva a cabo el desgranar, moler, mezclar y dosificar teniendo como producto final la pasta de maíz.
- El molino dosificador está diseñado para una capacidad de trabajo de 40 kg/h, por lo tanto, al diseño ejecutado se podría desarrollar la capacidad de movimiento aumentando la productividad de hasta unos 100 kg/h, obteniendo un mayor rendimiento en cuanto a su versatilidad y capacidad de trabajo mediante el cambio de motores y reductores mucho más potentes y que tengan la fuerza necesaria para hacerlo en un menor tiempo posible.
- Es posible mejorar la alineación del disco móvil con el disco fijo mediante la fabricación una guía más precisa el cual sujete a cualquiera de estos dos componentes, puesto que al hacer las pruebas de funcionamiento se puede notar un desbalanceo del disco móvil el cual roza constantemente parte de las muelas tanto fijas y móviles en donde se podría desgastar mucho más rápido estos discos.
- Las muelas al tener un tratamiento térmico de cementado, con el pasar del tiempo y el uso continuo de los discos puede debilitar el recubrimiento y por ende desvanecer las muelas de trituración, es por ello que se recomienda dar tratamiento térmico de cromado duro, puesto que garantiza el tiempo de vida útil a las muelas de trituración y a su vez dejando al material con una textura brillante y que su desgaste sea mínimo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. N. GUIZADO DÍAZ, Artist, *Diseño y construcción de un prototipo de máquina moledora de choclo con capacidad de 25 kg/h..* [Art]. Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC, 2019.
- [2] C. M. Haros, Artist, *"Molienda húmeda del maíz,"*. [Art]. Biblioteca Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 1999.
- [3] G. M. C. CEPEDA, «Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades.,» *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, pp. 116-123, 2019.
- [4] O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. Agricultura, «Comisión de recursos genéticos para la alimentación y agricultura,» *La guía voluntaria para la formulación de políticas nacionales de semillas*, 2015.
- [5] M. H. B. Maria Cristina Dias Paes, Artist, *Nutritional perspectives of quality protein maize.* [Art]. Universidade Estadual Paulista/Botucatu, SP, Brazil, 1995.
- [6] Weber, «Corn lipids,» *Cereal chemistry*, pp. 572-584, 1978.
- [7] E. P. LLORÉ MORENO y W. P. TELLO FLORES, Artists, *Diseño y construcción de una empacadora y selladora al vacío para humitas, con capacidad de 15 humitas por minuto.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [8] I. A. & V. V. G. G. Valarezo Calle, Artist, *Diseño de una dosificadora de jabones de glicerina con capacidad de setenta y dos unidades por minuto.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [9] H. M. ORTEGA ACOSTA y D. A. CARRILLO BALSECA, Artists, *Diseño y construcción de una máquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa Del Valle Lojano.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2011.
- [10] J. C. Arreaga Aguirre, Artist, *Diseño de un molino Industrial para la molienda y] descascarado del cacao.* [Art]. Universidad Politécnica Salesiana, 2021.
- [11] P. L. Casco, Artist, *Diseño y construcción de un sistema automatizado de extracción de] chocolate a partir del grano de cacao.* [Art]. Universidad Tecnológica Equinocial, 2015.
- [12] O. A. Calapaqui Toapanta y L. O. Maiquiza Toapanta, Artists, *Diseño de un molino de] rodillos triturador de grano.* [Art]. Universidad Técnica de Cotopaxi, 2020.
- [13] R. B. D. Sebastian y S. P. G. Alfonso, Artists, *Diseño y construcción de una máquina para] acondicionamiento final de chocolate.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2015.

- [14 B. F. J. GUERRERO, Artist, *Diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para micro empresas del sector agroindustrial.* [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA, 2021.
- [15 «DIPAC PRODUCTOS DE ACERO,» DIPAC® MANTA S.A., 2021. [En línea]. Available: <https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-4340-705/eje-aisi-4340-705/>.
- [16 M. T. L. O. Calapaqui Toapanta Oscar Andrés, Artist, *Diseño de un molino de rodillos triturador de grano.* [Art]. Universidad Técnica de Cotopaxi, 2020.
- [17 E. P. M. ZAPATA, Artist, *DISEÑO DE UNA MÁQUINA EMPACADORA, DOSIFICADORA Y SELLADORA DE FUNDAS PARA ARROZ.* [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [18 C. F. P. Óscar Álvaro Perrote, Artist, *DISEÑO Y PUESTA A PUNTO DE UN SISTEMA DE VACÍO PARA.* [Art]. Universidad de Valladolid, 2013.
- [19 J. D. NEISER, Artist, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MAQUINA ROUTER CNC DE 3 EJES PARA EL MECANIZADO DE PIEZAS EN MADERA MODELADAS EN 3D.* [Art]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- [20 W. Hanz, «Qodacenter SOLUCIONES EN MOVIMIENTO QUINTERO HUERTADO Qué es una chumacera,» RODACENTER SAS, 09 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.quinterohurtado.com/post/qu%C3%A9-es-una-chumacera>. [Último acceso: 2020].
- [21 R. Cordoba, «Dossier maquinas herramientas iii,» 15 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/RobertoCordoba1/dossier-maquinas-herramientas-iii>. [Último acceso: 13 Octubre 2022].
- [22 D. L. RODAS, Artist, *IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIO DE 5000 HORAS A MÁQUINA ETIQUETADORA CONTIRROLL DE ENVASES A PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MP2.* [Art]. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2005.
- [23 «Soldadura TIG: WALTER Surface Technologies,» 2022. [En línea]. Available: https://www.walter.com/es_MX/surfox/soldadura-tig?setLocale=true.
- [24 P. M. A. Gonzalo, Artist, *Implementación de un sistema eléctrico en una bicicleta montañera mediante el dimensionamiento adecuado del mismo para obtener un rendimiento óptimo.* [Art]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2021.
- [25 I. S. Industriales, «Motores eléctricos: Tipos y características,» 10 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://inducocom-ec.com/motores-electricos-tipos-y-caracteristicas/>.

- [26 L. T. C. PAÚL, Artist, *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TRILLADORA DE QUINUA DE HASTA 350 KG/H PARA EL PROCESO DE POS COSECHA DEL SECTOR*. [Art]. Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [27 X. & E. O. Brun, «Matemática financiera y estadística básica,» *Bresca*, 2008.
- [28 M. N. Zeledón, «Matemática financiera,» 11 2012. [En línea]. [Último acceso: 02 Febrero 2023].
- [29 W. S.A, «"Structure and composition in corn:chemistry and tecnology,» *American association of cereal chemist*, 1987.
- [30 M. a. M. E.T.Hoopen., «Maize: production and processing,» *Pro-Agro Netherlands*, 2012.
- [31 A. (. LUDIGER, «Gearbox design development for central mill drives and vertical roller grinding mill drives,» *IEE. Charleston, SC*.
- [32 I. C. y. J. Rueda, «Diseño y construcción de un molino de martillos,» de *Universidad San Francisco de Quito*, Quito, 2009.
- [33 «CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES,» BONNET Suministros y Maquinarias S.L., [En línea]. Available: <https://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>.
- [34 «UNIONES MOVILES Chavetas,» 06 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/239/Chaveta1.pdf>.
- [35 D. R. A. BENITES y W. R. L. MERCHÁN, «DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULIDORA DE TUBOS CUADRADOS DE HASTA 2-1/2",» *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*, 2014.
- [36 «¿Cómo Se Fabrica El Acero Inoxidable?: Jn aceros,» 11 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://jnaceros.com.pe/blog/como-fabrica-acero-inoxidable/#:~:text=Materias%20primas,fusionan%2C%20crean%20una%20aleaci%C3%B3n%20poderosa..> [Último acceso: 25 06 2022].
- [37 E. P. M. Zapata, «Escuela Politécnica Nacional,» 23 Enero 2010. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1287/1/CD-2667.pdf>. [Último acceso: 12 Octubre 2022].

ANEXOS

ANEXO 1:

MANUAL GENERAL DE LA DOSIFICADORA (MODELO GWEFP/L)

ANEXO 2:

➤ FABRICACION DEL MOLINO



Figura 26. Tubo principal de diámetro 2 plg, cedula 40.



Figura 27. Entrada rectangular.



Figura 28. Tolva rectangular.



Figura 29. Disco fijo y móvil diámetro 150 mm.



Figura 30. Eje motriz y tornillo sin fin.



Figura 31. Disco de soporte para el disco fijo.



Figura 32. Muelas para el disco fijo y móvil.



Figura 33. Tapa o recubierta para el rodamiento.



Figura 34. Rodamiento SKF_30205.



Figura 35. Tuerca moleteada.



Figura 36. Platina plegada.



Figura 37. Base rectangular y bases pequeñas para la unión de los discos.

➤ **ANEXO 3: FABRICACIÓN DEL EJE Y BRIDAS PARA LA ADAPTACIÓN DEL MOTOR Y CAJA REDUCTORA**



Figura 38. Eje para la adaptación del reductor hacia el tornillo sin fin del molino mediante un matrimonio.



Figura 39. Bridas para la adaptación del motor con el reductor para el molino.

➤ **ANEXO 4: SOPORTE DOSIFICADOR**



Figura 40. Bastidor o soporte para el dosificador.

➤ **ANEXO 5: ESTRUCTURA METÁLICA**



Figura 41. Escalera metálica.



Figura 42. Soportes y pilares laterales para la base.



Figura 43. Fabricación de base para el piso.



Figura 44. Pasamano tanto para la base como para la escalera.



Figura 45. Base para el motoreductor del molino.

➤ **ANEXO 6: ELEMENTOS NORMALIZADOS**



Figura 46. Elementos normalizados.

➤ **ANEXO 7: PROTOTIPOS FABRICADOS DEL MOLINO**



Figura 47. Prototipo 1: Molino con entrada cónica y adaptable con ferrul de diámetro 2 plg.



Figura 48. Prototipo 2: Molino con nueva entrada tipo rectangular y desmontable con pernos normalizados.

➤ ANEXO 8: DOSIFICADOR MODELO GWEFP/L



Figura 49. Dosificador modelo GWEFP/L.

ANEXO 9: MOLINO DOSIFICADOR



Figura 50. Molino dosificador terminado.

ANEXO 10: PLANOS DE CONJUNTO Y DESPIECE DEL MOLINO DOSIFICADOR