



Diseño y Construcción de un Prototipo de Máquina para el Procesamiento de Maíz
Fermentado, en el Municipio de Sibundoy Putumayo.

Richard Anderson Gómez Pineda

PROHIBIDA SU COPIA

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

2023



Diseño y Construcción de un Prototipo de Máquina para el Procesamiento de Maíz
Fermentado, en el Municipio de Sibundoy Putumayo.

Richard Anderson Gómez Pineda

Trabajo de Grado para Obtener el Título de Ingeniero Mecánico

Ing. Juan Guillermo Chinchajoa

Asesor

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

2023



Nota de Aceptación

Firma del Presidente de Jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, octubre 2023



Dedicatoria.

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre y abuela, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis tíos, desde el cielo son esa luz que me daba fuerzas para continuar.

A mi novia por estar siempre presentes, eres mi amor, mi fuerza y mi ilusión, deseo una larga vida a tu lado, porque eres una mujer especial y maravillosa.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

PROHIBIDA SU COPIA



Contenido

Introducción	11
1. Título.....	13
2. Descripción del Problema.....	14
2.1 Formulación del Problema.....	15
2.2 Justificación.....	15
3. Objetivos.....	17
3.1 Objetivo General.....	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17
4. Marco Referencial.....	18
4.1 Marco Contextual.....	18
4.1.1 Antecedentes.....	20
4.1.2 Etapas de la Producción de Maíz Añejo.....	23
4.2 Marco Conceptual.....	24
4.3 Marco Legal.....	28
4.4 Marco Tecnológico.....	31
5. Diseño Metodológico.....	35
5.1 Línea de Investigación de Acuerdo con el Programa de Ingeniería Mecánica.....	35
5.2 Tipo de Investigación.....	36
5.3 Método de Investigación.....	36
5.4 Enfoque Investigativo.....	37
5.5 Determinación del Universo Investigativo.....	37
5.6 Variables de Estudio.....	37
6. Elementos de Administración y Control.....	38
6.1 Recursos Físicos.....	38
6.2 Recursos Humanos.....	39
6.3 Recursos Técnicos.....	39
6.4 Recursos Financieros.....	40
6.4.1 Presupuesto.....	40
6.5 Cronograma de Actividades.....	44
7. Concepto de Diseño.....	45



7.1	Identificación de los Usuarios. _____	45
7.2	Necesidades Interpretadas de los Usuarios. _____	46
7.3	Análisis del Proceso y del Producto. _____	47
7.4	Análisis Funcional. _____	49
7.6	Requerimientos de Diseño. _____	51
7.7	Criterios de Evaluación. _____	55
7.7.1	Restricciones de Diseño.	55
7.8	Evaluación de Diseño. _____	55
7.9	Boceto inicial del Prototipo. _____	60
8.	Diseño de Detalle.	64
8.1	Cálculo de Elementos Mecánicos del Prototipo. _____	64
8.1.1	Tolva.	64
8.1.2	Reducción de Grano.	66
8.1.3	Cálculo de tornillo transportador sinfín.	67
8.1.4	Potencia en el Eje.	72
8.1.5	Elección de tipo de correa.	78
8.1.6	Mezcladora.	82
8.1.7	Tamiz Oscilante.	85
8.1.8	Esquema Eléctrico del Prototipo.	86
8.2	Elementos Normalizados. _____	88
8.3	Resumen de Diseño. _____	89
	Análisis de resultados.	90
	Discusión.	96
	Recomendaciones.	98
	Conclusiones.	99
	Referencias.	101
	Anexos.	105



Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de Fermentación _____	21
Tabla 2 Prueba de Ruptura de Maíz Fermentado _____	22
Tabla 3 Planta para Nixtamal _____	26
Tabla 4 Mini Planta Nixtamalizadora _____	27
Tabla 5 Molino Genérico con Motor Eléctrico _____	27
Tabla 6 Regulación de Actividades para el Procesamiento de Alimentos _____	28
Tabla 7 Condiciones Medio Ambientales _____	30
Tabla 8 Reglamentación de Carreras Afines a la Ingeniería _____	30
Tabla 9 Tecnología a Emplear _____	31
Tabla 10 Clasificación de Métodos de Reducción de Grano _____	34
Tabla 11 Clasificación de Métodos de Separación. _____	34
Tabla 12 Tipo de Variable de Estudio. _____	37
Tabla 13 Recursos Físicos _____	38
Tabla 14 Recursos Técnicos _____	39
Tabla 15 Material Directo. _____	40
Tabla 16 Material Indirecto. _____	41
Tabla 17 Mano de Obra Directa. _____	42
Tabla 18 Gastos Energéticos de Fabricación del Prototipo. _____	43
Tabla 19 Presupuesto Total para la Fabricación del Prototipo de Máquina. _____	43
Tabla 20 Necesidades Interpretadas de los Usuarios. _____	46
Tabla 21 Requerimientos de Diseño. (Tolva) _____	51
Tabla 22 Requerimientos de Diseño. (Molino) _____	52



Tabla 23	<i>Requerimientos de Diseño. (Mezclador)</i>	52
Tabla 24	<i>Requerimientos de Diseño. (Filtrado)</i>	53
Tabla 25	<i>Requerimientos de Diseño. (Decantación)</i>	54
Tabla 26	<i>Desempeño Relativo</i>	55
Tabla 27	<i>Evaluación de Diseño (Tolva)</i>	56
Tabla 28	<i>Evaluación de Diseño (Reducción de Grano)</i>	56
Tabla 29	<i>Evaluación de Diseño (Mezclador)</i>	57
Tabla 30	<i>Evaluación de diseño de (Filtrado)</i>	57
Tabla 31	<i>Evaluación de Diseño (Decantación)</i>	58
Tabla 32	<i>Matriz Morfológica</i>	59
Tabla 33	<i>Parámetros Iniciales para el Ingreso de Prima al Molino por Medio de una Tolva</i>	64
Tabla 34	<i>Parámetros Iniciales para la Reducción del Grano</i>	66
Tabla 35	<i>Catalogo Motores WEG (IV Polos) 60 hz Monofásico</i>	72
Tabla 36	<i>Factores Iniciales para el Diseño de Transmisión de Potencia.</i>	73
Tabla 37	<i>Medidas Iniciales para el Diseño de Transmisión de Potencia.</i>	74
Tabla 38	<i>Factores para el Diseño de Eje</i>	75
Tabla 39	<i>Síntesis de factores necesarios para calcular el diámetro mínimo del eje.</i>	77
Tabla 40	<i>Parámetros de Entrada Diseño de Piñones Biselados</i>	82
Tabla 41	<i>Parámetros de Entrada Diseño de Leva Seguidor</i>	85
Tabla 42	<i>Descripción de Componentes del Diagrama Eléctrico</i>	88
Tabla 43	<i>Resumen de Elementos Normalizados</i>	89
Tabla 44	<i>Resumen de Diseño del Prototipo</i>	90
Tabla 45	<i>Consumo Energético del Prototipo</i>	95



Tabla 46 Costo de Producción	95
Tabla 47 Rendimiento de Producción	96

Índice de figuras

Figura 1 Localización del Valle de Sibundoy en Colombia	19
Figura 2 Ubicación del Valle de Sibundoy en el Departamento de Putumayo	19
Figura 3 Cronograma de Actividades Periodo 2022_1	44
Figura 4 Cronograma de Actividades Periodo 2022_2	45
Figura 5 Diagrama de Procesos	49
Figura 6 Análisis Funcional Caja Negra	50
Figura 7 Análisis Funcional Caja Transparente	50
Figura 8 Boceto Inicial del Prototipo	61
Figura 9 Diseño final Digitalizado y Modelado en 3D	62
Figura 10 Diseño final Modelado en 3D; Estructura y componentes mecanicos internos	63
Figura 11 Tolva Cónica Truncada	65
Figura 12 Dimensiones del Tornillo Transportador	67
Figura 13 Coeficiente de Relleno en Función del Tipo de Carga de Transporte	68
Figura 14 Dimensiones del Disco de Fricción	70
Figura 15 Diagrama, Relación de Transmisión	73
Figura 16 Selección del Perfil de la Correa	78
Figura 17 Tipo de Banda	79
Figura 18 Distancia entre Centros de ejes	79
Figura 19 Resumen de Cálculos Piñones Biselados 1	83



Figura 20 Resumen de Cálculos Piñones Biselados 2.....	84
Figura 21 Reporte Dimensional de los Piñones Biselados.....	84
Figura 22 Diagrama de Movimiento Armónico Sinusoidal.....	85
Figura 23 Resumen de Cálculo Leva Seguidor.....	86
Figura 24 Diagrama Eléctrico.....	87
Figura 25 Corte de Perfiles Estructurales.....	91
Figura 26 Proceso de Soldadura de Perfiles Estructurales.....	92
Figura 27 Maquinado de Ejes Mediante el Torno.....	92
Figura 28 Corte y Plegado de las Piezas.....	93
Figura 29 Ensamble de Componentes Eléctricos.....	94
Figura 30 Prueba de funcionamiento.....	94
Figura 31 Resultado de Prueba de Rendimiento de Producción.....	96

Lista de Anexos

Anexos A Figuras Referentes al Cálculo de Potencia en Ejes.....	105
Anexos B Reporte Completo de Cálculo de Piñones Biselados.....	105
Anexos C Reporte Completo de Cálculo de Diseño de Leva Seguidor.....	105
Anexos D Manual de Instrucciones.....	105
Anexos E Muestra Fotográfica del Proceso de Fabricación del Prototipo.....	105
Anexos F Planos del Prototipo.....	105



Introducción

El maíz es descrito como una alternativa alimenticia, como una fuente nutricional importante para la salud y bienestar del cuerpo, es un cereal bajo en carbohidratos, rico en minerales, antioxidantes y vitaminas A, E y B9, es un sustituto alimenticio bastante económico y de fácil obtención, al ser una fuente abundante las personas han logrado que el maíz sea una materia prima adaptable y versátil, usada en productos de consumo humano y animal.

Conforme a ello, el presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir un prototipo de máquina para procesar almidón de maíz fermentado, que mejore indicadores de producción referentes a la implementación de equipos mecánicos en el procesamiento artesanal del maíz añejo, con la finalidad de tecnificar la transformación de este.

Por esta razón, el término de este proyecto es conseguir un producto con un estándar de calidad que puede ser usada en diferentes productos, lo cual fomentará la competencia en el mercado local y regional, generando nuevos puestos de trabajo en la industria agrícola, en la industria de comidas rápidas y congeladas, estableciendo productos derivados al alcance de las personas minimizando su costo de producción, de este modo lograr incrementar los ingresos del pequeño empresario y motivando al campesino a seguir cultivando la materia prima.

Siguiendo con este razonamiento se realiza la recolección de datos, con el objetivo de dar solución a la problemática principal. Al mismo tiempo, se recopila información relacionada con el tema de interés para adquirir diferentes perspectivas de diseños y maquinaria existentes; Esto permite la creación de múltiples soluciones para abordar el problema en cuestión.

En este documento se implementan objetivos específicos claves para el desarrollo de la investigación como la realización de un análisis de la información, la construcción de un prototipo



funcional y realizar una guía instructiva de operación que permita garantizar el correcto funcionamiento y la vida útil del prototipo.

La investigación se regirá por marcos, como el teórico, referencial y metodológico, los cuales se describirán detalladamente al igual que los recursos tanto financieros como logísticos fundamentales para la construcción del prototipo.

Una vez se identifican los anteriores aspectos, se procede a indagar al comerciante sobre el proceso productivo y los requerimientos funcionales necesarios para el desarrollo de diseño a detalle, siendo posible identificar e incluir cuatro de los cinco procesos involucrados en la transformación de la materia prima: molienda, mezclado, filtrado y decantación.

Al adquirir esta información, se obtiene la capacidad de crear un diseño completo y funcional, enfatizando en el diseño más óptimo para construir el prototipo; Esto nos permite obtener una materia prima completamente procesada que puede utilizarse para realizar pruebas, recopilar datos y posteriormente evaluar los resultados.



1. Título.

Diseño y construcción de un prototipo de máquina para el procesamiento de maíz fermentado, en el municipio de Sibundoy Putumayo.

PROHIBIDA SU COPIA



2. Descripción del Problema.

El sur de Colombia, principalmente los Departamentos de Nariño y Putumayo, en los cuales no se evidencia la implementación de procesos industriales y tecnológicos, que ayuden en la transformación de métodos de producción manuales a mecánicos de las microempresas de la región, generando obstáculos a la hora de aumentar y mejorar los productos artesanales e incluirlos en mercados competitivos, Puesto que en el departamento del Putumayo el sector agrícola y la dinámica empresarial tiene un déficit por qué no se logra evidenciar líneas de financiación y cofinanciación, lo que conlleva a una serie de dificultades para el campesino al hablar de las condiciones deficientes en materia de infraestructuras para la transformación de materias primas producidas para ser ofrecidas en mercados sofisticados, existiendo índices de crecimiento bajo y poca creación de empresas colocando al departamento en una baja contribución del PIB nacional. (Gómez Velásquez, 2022).

En el caso de la transformación del maíz fermentado, en Sibundoy-Putumayo, en donde el consumo de este producto está tomando popularidad por su sabor característico y su aporte nutricional, ha generado que se promueva a los pequeños cultivadores a la siembra del mismo lo que origina estabilidad económica y mejorando la calidad de vida de la comunidad campesina.

El procesamiento para la obtención de masa de maíz fermentado, se lleva a cabo artesanalmente, para este fin actualmente se necesita de 4 trabajadores a quienes les toma 2 días moler, filtrar y cocinar en los cuales usan su fuerza física durante horas de trabajo arduo para obtener la fécula macerada de maíz, generando en ellos agotamiento, fatiga muscular y posibles lesiones óseas por inadecuadas posturas, al ser un proceso lento y demandante físicamente, imposibilitando incrementar la elaboración del producto puesto que es un proceso manual, lo que mantiene un costo elevado que se refleja en el producto final; además este proceso genera



contaminación al usar leña como combustible quemándose a cielo abierto, esto debido a que las personas están poco familiarizadas con recursos técnicos y capacitación para generar procesos productivos que impulsen la transformación de la materia prima como lo es el maíz.

Enmarcado en la implementación de componentes mecánicos que mantenga un nivel de producción óptimo, eficiente, sin que altere la calidad del producto, teniendo como referente el producto artesanal, para ello se implementa un diseño acorde a las necesidades descritas por las personas que laboran este tipo de producto, diseñando un sistema que requiera una menor intervención del personal estableciendo así la reducción de costos operativos y un mejor control energético que se manifiestan en el costo final de dicho producto.

En el proceso artesanal sin intervención mecánica los tiempos de procesamiento del maíz fermentado toma un promedio de 10 horas para conseguir su transformación, incrementando los costos de producción que consecuentemente dificultan comercializar a una escala mayor, esto hace evidente la prioridad en la optimización en los tiempos de transformación de la materia prima, para conseguir una producción continua y eficaz.

2.1 Formulación del Problema.

¿Cómo mejorar la producción de “masa de maíz añejo”, mediante el desarrollo de un prototipo de máquina procesadora de maíz fermentado?

2.2 Justificación.

Existe un potencial en la siembra y cosecha de Maíz siendo esta una alternativa alimenticia accesible, con gran valor nutricional fuente de vitaminas A, E B3, B7, y B9, (Tobón Gómez , Henao, & Aristizabal Zuluaga, 2020); Contiene también almidón, proteína y un alto



contenido de fibra la cual ayuda a metabolizar y absorber la glucosa para que los alimentos se transformen en energía y es indispensable en la dieta diaria de las personas.

Teniendo en cuenta que las bases fundamentales de la economía departamental en el putumayo lo representan el sector agrícola se ha decidido direccionar el proyecto con el fin de hacer una implementación mecánica y buenas prácticas de producción mejorando la industrialización en el proceso de transformación de la materia prima para la obtención de fécula macerada de maíz fermentado, aprovechando las condiciones climáticas favorables con las que cuenta la región para la siembra de la materia prima.

Al implementar maquinaria en un proceso de transformación se aprovecha en mayor cantidad las utilidades de la materia prima, esto permite fortalecer los procesos que se desarrollan de forma artesanal, manteniendo la calidad del producto, siendo esto beneficioso para el agricultor y los pequeños empresarios logrando consolidar un trabajo colaborativo y cooperativo como herramienta para la creación de nuevos empleos, fomentando la competitividad en el mercado regional y local, ya que no se evidencia procesos de industrialización tecnológica lo que hace que sea muy lento el surgimiento de las microempresas, además implica una mayor inversión económica y física en la transformación de dicho producto, siendo una elaboración lenta que no puede incentivar al campesino a producir más materia prima por las irregularidades en la fabricación, lo que limita el crecimiento económico de la comunidad.

Por tanto, se pretende llevar a finalidad la implementación del prototipo de maquinaria industrial en la producción del maíz fermentado para conseguir mejorar la producción y estandarizar el proceso sin perder su calidad, mejorando los tiempos de producción, disminuyendo el impacto ambiental producida por la combustión incompleta de la madera, logrando un uso eficiente de la energía requerida en el procesamiento de la materia prima.



En el Municipio de Sibundoy se cuenta con variedad de étnica entre sus habitantes, una de sus principales fuentes de ingresos económicos es el agro, sin embargo se identifica este proyecto en cinco de las familias, las cuales se relacionan con la producción artesanal de maíz añejo, de las cuales dos de ellas pertenecen al cabildo indígenas de la comunidad Kamentsá, encargadas de proporcionar la materia prima inicialmente, en cuanto las tres familias restantes las cuales se encuentran incluidas en registro único de víctimas del conflicto armado realizan el proceso de comercializar el producto final, el valle de Sibundoy no se encuentra catalogado como zona de post conflicto y los cultivos ilícitos no son viables, esto ha convertido al valle de Sibundoy en un centro cívico receptor de familias que han huido de la guerra, con una cifra de 6.262 víctimas (Gobernación del Putumayo, 2019).

Con la implementación del prototipo de máquina para procesar el maíz fermentado se permite fomentar el trabajo, donde la familia y la comunidad serán gestores de unión, trabajo y sobre todo de paz, que buscan ser gestores laborales y dinamizadores de alternativas para obtener recursos económicos para generar bienestar familiar y social.

3. Objetivos.

3.1 Objetivo General.

Diseñar y construir un prototipo de máquina para procesar almidón de maíz fermentado, en el Municipio de Sibundoy Putumayo.

3.2 Objetivos Específicos.

Recopilar y analizar información bibliográfica, para precisar requerimientos funcionales de técnicas industriales existentes en el procesamiento de almidón de maíz fermentado.



Diseñar y construir un prototipo que cumpla con especificaciones de diseño y requerimientos funcionales.

Diseñar un prototipo que mejore indicadores de producción referentes a la implementación de equipos mecánicos en el procesamiento artesanal del almidón de maíz fermentado.

Realizar una guía instructiva de operación y mantenimiento que permita garantizar el correcto funcionamiento y la vida útil del prototipo.

4. Marco Referencial.

4.1 Marco Contextual.

El departamento de Putumayo está ubicado en el sur oeste del país limitando por el norte con los departamentos del Cauca y Caquetá; por el oriente con los departamentos del Caquetá y Amazonas; por el sur con el Ecuador y Perú; y por el occidente con el departamento de Nariño, en las coordenadas geográficas extremas $00^{\circ}33'41''$ y $01^{\circ}28'58''$ de latitud norte, $73^{\circ}51'04''$ y $77^{\circ}14'40''$ de longitud oeste cuenta con una Superficie 24.885 Km² además cuenta con una excelente ubicación geográfica contando con una variedad de pisos térmicos haciéndolo ideal para la producción de productos alimenticios. (enColombia, 2018).

El Municipio de Sibundoy se encuentra localizado aproximadamente a 80 Km al occidente de la capital putumayense, a la latitudes N $01^{\circ}12'25''$ – y la longitudes W $76^{\circ}55'12''$ a 2.224 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con los cerros Cascabel y Juanoy, hacia el occidente con los cerros de Bordoncillo y Campanero, hacia el sur con el volcán Patascoy y hacia el oriente con los cerros Portachuelo y la Tortuga. Cuenta con una extensión de 526 km² entre zona de planicie y ladera de montaña, donde se establecen los municipios de Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco. (Alcaldía de Sibundoy, 2018).

Figura 1

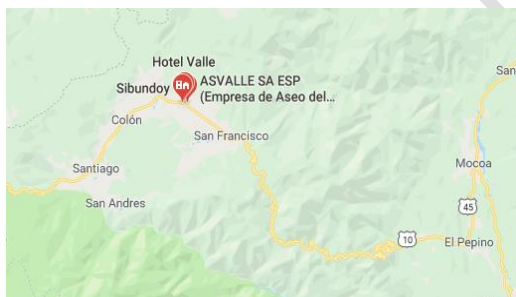
Localización del Valle de Sibundoy en Colombia.



Nota. Adaptado de (Google, 2023).

Figura 2

Ubicación del Valle de Sibundoy en el Departamento de Putumayo



Nota. Adaptado de (Google, 2023).

Los límites del municipio son: Nacimiento del Río San Pedro, éste abajo hasta su entrada en el Río Putumayo; éste arriba hasta la desembocadura del Río San Francisco; éste arriba hasta



su nacimiento; y por la cordillera hasta encontrar el nacimiento del Río San Pedro, punto de partida. Población sobre los 2224 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 16 grados centígrados, aproximadamente 15.490 habitantes urbanos y rurales. (Alcaldía de Sibundoy, 2018).

El proyecto de investigación se desarrolla aprovechando la condición estratégica del municipio de Sibundoy por la proximidad a los demás municipios en los cuales sus tierras son aptas para la producción agrícola, por lo cual facilitará el poder llevar a término la implementación y ejecución del prototipo, que permite generar nuevas prácticas de producción, logrando mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio; esta pre visualización permite centrar la investigación académica a partir de un soporte cualitativo como herramienta metodológica la identificación en el desarrollo de los objetivos de trabajo tanto general como específico que se pretenden llevar a término.

4.1.1 Antecedentes.

Proceso de Fermentación, es un proceso de oxidación incompleta de tipo catabólico, es decir, convierte las moléculas complejas en moléculas sencillas, en un proceso de glucólisis o rotura de la molécula de glucosa este proceso fue descubierto por el químico francés Louis Pasteur, quien la calificó como “La vida sin aire”, ya que puede ser llevado a cabo en ausencia de oxígeno por microorganismos como las bacterias, levaduras, o algunos metazoos y protistas. En este proceso, no intervienen ni las mitocondrias ni las estructuras vinculadas al proceso de respiración celular. (Agudo Toscano, 2016).

En concordancia con la investigación, la fermentación del maíz para la producción de añejo es de tipo acética, ya que al igual que en el vinagre hace que este tome su olor, sabor y textura



característica; de igual manera los métodos de fermentación dependen del producto final y uso, habrá diversos tipos de fermentación como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Tipos de Fermentación

Tipo	Descripción
Fermentación Alcohólica	Proceso empleado para la fabricación de bebidas alcohólicas, el cual consta de un agregado de levadura principalmente para producir una cantidad de alcohol etanol a partir de algunos azúcares
Fermentación Acética	Proceso que puede ser aeróbico o anaeróbico que sintetiza el alcohol etílico en ácido acético característico de las bacterias del género <i>Acetobacteria</i> .
Fermentación Láctica	Proceso de oxidación parcial de glucosa, producida por bacterias lácticas o por células musculares animales cuando se quedan sin oxígeno, lo que produce fatiga muscular y sensación dolorosa.
Fermentación Butírica	Consiste en la conversión de la glucosa en ácido butírico y gas, conocido por su olor desagradable producido por la bacteria <i>clostridium</i> , la cual requiere presencia de lactosa.
Fermentación Butanodiólica	Es conocida como la variante de la fermentación láctica, producida por enterobacterias que liberan dióxido de carbono y un alcohol viscoso e incoloro llamado butanodiol.
Fermentación Propiónica	Este tipo de fermentación genera una sustancia corrosiva con olor acre al intervenir el ácido acético, dióxido de carbono y ácido succínico produciendo ácido propiónico.

Nota. Adaptado de (Solíz, 2021).



En el avance de esta investigación se encuentra la imprecisión de datos referentes a la fuerza necesaria para generar la ruptura del grano de maíz, generando incertidumbre a la hora de realizar los cálculos para el diseño del prototipo que se pretende implementar, la información consultada de los diferentes autores indica datos que varían entre diferentes tipos de genotipos de granos de maíz y su humedad relativa en el momento de las pruebas. Sin embargo, (Villaseñor Perea, Ramírez Jaspeado, Mancera Rico, & Venegas Ordoñez, 2017); Concluyen “Que Las semillas de maíz híbrido son más resistentes a las cargas estáticas y más elásticas a mayor contenido de humedad”.

Con forme a ello la Fuerza necesaria para la ruptura del grano de maíz húmedo y añejado se realiza experimentalmente, este proceso se realizará con el uso de una herramienta dinamométrica con una escala de 50 – 250, (ft.lb) para la prueba se asume 300 gramos de materia prima con una humedad del (90) % y se procede a él acople la llave dinamométrica como brazo del molino y se realiza la medición del torque en la escala más baja de la herramienta, los datos se recopilan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Prueba de Ruptura de Maíz Fermentado

Ítem	Intervalo (50-75)+ 2.7 (ft.lb)	Ruptura		Conversión (N.m)
		Si	no	
1	50		X	67.7
2	52.7		X	71.4
3	55.4		X	75.1
4	58.1		X	78.7
5	60.8	X		82.4



6	63.5	X	86.0
7	66.2	X	89.7
8	68.9	X	93.4
9	74.3	X	100.1

Nota. La fuerza necesaria para romper el grano de maíz es de (82.4 N.m) para más información sobre la ficha técnica de la llave dinamométrica ver, **Anexo A. Figura 8 Llave dinamométrica mecánica de disparo ajustable.**

4.1.2 Etapas de la Producción de Maíz Añejo.

Remojo, se remoja el maíz, se lava bien, se quiebra y se despluma (pela). Se pone en un recipiente con agua que lo cubra, por 7 días, se agrega una levadura o sepa madre.

Lavado, se lava bien hasta eliminar en su totalidad el agua fermentada con agua fresca y se deja escurrir.

Molido, se utiliza un molino de fricción para conseguir un grano muy fino y se agrega agua fresca para diluir el almidón.

Tamizado, se pasa por una maya fina repitiendo el proceso de dos a tres veces, separando los granos finos, dejando los granos más gruesos para volver a moler y filtrar.

Decantación, procesos que toma de 2 a 5 horas en el que se deja quieto para que se asienten las partículas finas, con la finalidad de separar el agua del almidón.

Cocción, en este paso el maíz se pone a cocinar en una paila de aluminio (o cobre), revolviendo, hasta que se desprenda de la paila. Se retira del fuego y se conserva en lugar fresco.



4.2 Marco Conceptual.

Para el desarrollo del presente proyecto es necesaria la definición de una serie de conceptos y procesos de producción que ayudan a comprender y centrar el desarrollo de la investigación.

Nixtamalización, la palabra nixtamalización se define como el tratamiento térmico alcalino, técnica de lixiviación empleada para obtener una masa apta para la elaboración de masa, tortillas entre otros aptos para el consumo humano. (Olguín, y otros, 2021).

Añejado de maíz, es una técnica de fermentación alimenticia muy antigua usada y experimentada por los pueblos primitivos e indígenas prehispánicos para preservar e incluso aumentar su valor nutritivo aplicado a cereales y granos.

La diferencia de los dos procesos anteriores radica en el tiempo de elaboración, la fermentación anticipada del maíz antes de procesar, hace de este un proceso más largo a la hora de producir grandes cantidades ya que el ablandamiento de este se realiza sin ningún tipo de acelerante alcalino como si lo hace el nixtamal a dicha materia prima. Considerando al nixtamal como un producto diferente a la masa de maíz añejo.

Almidón de Maíz, sustancia blanca en forma de polvo, que se extrae de las semillas de maíz, formado por dos polímeros de glucosa amilosa y amilopectina produciendo cadenas lineales con diferente grado de polimerización unidos por cadenas de glucanos mediante enlaces α (Calvo, 2020).

Filtrado, procedimiento por medio del cual se separan partículas sólidas de diferentes tamaños suspendidas en cierto fluido.

Decantación, Proceso de separación de sustancias que involucran dos sustancias inmiscibles.



Ecuación 1. Volumen de Geometría Cónica Truncada

$$V = \frac{1}{3} \pi \cdot h (R^2 + r^2 + (R \cdot r))$$

Aplicada en esta investigación para encontrar el volumen capaz de contener una tolva de esta geometría. tomada de (Anonimo, 2022).

Ecuación 2 (S) Área de relleno tornillo sin fin.

$$S = \lambda \frac{\pi \cdot (D)^2}{4} = (m^2)$$

La anterior expresión matemática permite obtener el flujo de material que puede desplazar un transportador de tornillo, para la investigación es necesario conocer el área de relleno que tiene un tornillo sin fin de un molino genérico para conocer la cantidad de materia prima capaz de mover en un intervalo de tiempo a un determinado rpm. Adaptado de (Ingemecánica, 2020).

Factor de seguridad

Los factores de seguridad están regidos por organizaciones que establecen estándares, como la AGMA (American Gear Manufacturers Association), la AISC (American Institute of Steel Construction) y la ASME (American Society of Mechanical Engineers); Que proporciona guías de acción recomendadas para factores de seguridad en las diferentes disciplinas de la ingeniería. La mayor parte son sólo recomendaciones, aunque algunos tienen rigor de ley en ciertos países o Estados.

“Los criterios fundamentales para determinar o escoger un factor de seguridad son: (a) Incertidumbres (b) Tipo de material (dúctil o frágil) (c) Criterio de falla (fluencia o rotura) (d) Importancia del elemento y probabilidad de pérdida de vidas humanas” (Vanegas Useche, 2018)



(p 75-83). Para evitar la falla la carga máxima aplicada debe ser menor que la carga que produce la falla.

Ecuación 5 Diámetro mínimo del eje

Para encontrar el diámetro mínimo del diseño de eje, se usó el método propuesto por ASME para arboles de transmisión donde la sección de análisis sea circular sólida que se encuentre sometida sólo a un par de torsión y a un momento flector constantes


“Basados en la norma ANSI/ASME B106.1M-1985 (ASME: American Society of Mechanical Engineers; ANSI: American National Standards Institute). para el diseño de árboles de transmisión se establece que el diámetro, d , en la sección de análisis puede calcularse con:” (Vanegas Useche, 2018) (p. 294).

$$D_m = \left[\left(\frac{32Nf}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{K_f M_b}{Sf} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{sf'} \right)^2} \right]^{1/3}$$

A continuación, se presentan algunos diseños de equipos mecánicos existentes utilizados en la transformación del maíz.

Tabla 3

Planta para Nixtamal

Plantas de Nixtamal Mod.: Navatec 900G	Descripción
	<p>Capacidad de producción 650 kg/h</p> <p>Ancho 13 m2</p> <p>Altura 4.20 m</p> <p>Precio aproximado \$ 44.000.000 pesos colombianos.</p> <p>Fácil operación, equipos en acero inoxidable, 304 con finos acabados, de fácil operación y con estrictas normas de seguridad</p>

Nota. Características técnicas planta de nixtamal, tomado de; (NAVATEC, 2020).

Tabla 4


Mini Planta Nixtamalizadora

Mini Plantas Nixtamalizadoras Mod.: Navatec 250	Descripción
	<p>Capacidad 350 kg /día</p> <p>Precio aproximado \$ 25.000.000 pesos colombianos</p> <p>Incluye:</p> <p>transportador cribador de maíz,</p> <p>Cocedor de maíz, repasador de nixtamal,</p> <p>Lavadora, molino de nixtamal</p>

Nota. Características técnicas tomadas de; (NAVATEC, 2020).

Tabla 5

Molino Genérico con Motor Eléctrico

Molino de Grano Marca Corona en	Descripción
	<p>Capacidad de producción 150 kg /h</p> <p>Material de Discos: Acero templado blanco</p> <p>Motor 1 hp</p> <p>Molino fundición de acero inoxidable</p> <p>Estructura metálica</p> <p>Precio aproximado \$ 1.332.800 pesos colombianos</p> <p>Molino de tipo genérico de disco fijo para la reducción de granos</p>

Nota. Equipo mecánico capaz de triturar diferentes tipos de granos a diferentes grosores de partícula; (*Exhibir Equipos, 2020*).

4.3 Marco Legal

A continuación, se definen un conjunto de reglamentos que indican las bases para optar por diseños mecánicos acorde a las leyes ambientales, gubernamentales, seguridad en el trabajo y salud alimentaria, como ítem central para el desarrollo de prototipos funcionales.

Tabla 6

Regulación de Actividades para el Procesamiento de Alimentos

Artículo	Descripción
	<p>Derogado por el art. 21, Decreto Nacional 539 de 2014.</p> <p>Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y se dictan otras disposiciones.</p>



-
- Artículo 1 Regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos, y se aplicarán:
- A todas las fábricas y establecimientos donde se procesan los alimentos; los equipos y utensilios y el personal manipulador de alimentos.
- A todas las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional.
- A los alimentos y materias primas para alimentos que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen, para el consumo humano.
- Artículo 7 Buenas Prácticas de Manufactura: Las actividades de fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos.
- Artículo 8 Los establecimientos destinados a la fabricación, el procesamiento, envase, almacenamiento y expendio de alimentos deberán cumplir las condiciones generales que se establecen a continuación:
- El agua que se utilice debe ser de calidad potable reglamentada por el Ministerio de Salud.
- Artículo 10 Condiciones Generales: Los equipos y utensilios utilizados en el procesamiento, fabricación, preparación, de alimentos dependen del tipo de alimento, materia prima o insumo, de la tecnología a emplear y de la máxima capacidad de producción prevista. Todos ellos deben estar diseñados, construidos, instalados y mantenidos de manera que se evite la contaminación del alimento, facilite la limpieza y desinfección de sus superficies y permitan desempeñar adecuadamente el uso previsto.
- Artículo 11 Condiciones Específicas. Los equipos y utensilios utilizados deben cumplir con las siguientes condiciones específicas:
- Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser inertes bajo las condiciones de uso previstas, de manera que no exista interacción entre éstas o de éstas con el alimento; De esta forma, no se permite el uso de materiales
-

contaminantes como: plomo, cadmio, zinc, antimonio, hierro u otros que resulten de riesgo para la salud.

Todas las superficies de contacto directo con el alimento deben poseer un acabado liso, no poroso, no obstante, y estar libres de defectos, grietas, intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afectan la calidad sanitaria del producto.

Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser fácilmente accesibles o desmontables para la limpieza e inspección.

Los ángulos internos de las superficies de contacto con el alimento deben poseer una curvatura continua y suave, de manera que puedan limpiarse con facilidad.

Artículo 12 Condiciones de Instalación y Funcionamiento. Los equipos y utensilios requerirán de la siguiente condición de instalación y funcionamiento:

Los equipos deben estar instalados y ubicados según la secuencia lógica del proceso tecnológico, desde la recepción de las materias primas y demás ingredientes, hasta el envasado y embalaje del producto terminado.

Los equipos utilizados en la fabricación de alimentos podrán ser lubricados con sustancias permitidas y empleadas racionalmente, de tal forma que se evite la contaminación del alimento.

Nota. Decreto 3075 de 1997; Adaptado de (*Régimen legal de Bogotá D.C, 2018*).

Tabla 7

Condiciones Medio Ambientales

Artículo	Descripción
Artículo 98	En todo lugar de trabajo en que se empleen procedimientos, equipos, máquinas, materiales o sustancias que den origen a condiciones ambientales que puedan afectar la salud y seguridad de los trabajadores o su capacidad normal de trabajo, deberán adoptarse las medidas de higiene y seguridad necesarias para controlar



en forma efectiva los agentes nocivos, y aplicarse los procedimientos de prevención y control correspondientes

Nota. Adaptado de la LEY 9 DE 1979; (*EL CONGRESO DE COLOMBIA, 1979*).

Tabla 8

Reglamentación de Carreras Afines a la Ingeniería

Artículo	Descripción
Artículo 11	<p>Por la cual se reglamenta el ejercicio de las profesiones de ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica y profesiones afines se hace público en el Diario Oficial No. 45.340 de 14 de octubre de 2003, 'por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones'. Decreto 1873 de 1996.</p> <p>Capítulo 1.</p> <p>Todo trabajo relacionado con el ejercicio de las Ingenierías Eléctrica, Mecánica y profesiones afines debe ser dirigido, según el caso, por Ingeniero cuya matrícula corresponda a la especialidad profesional que la obra requiera. Si para la ejecución de la obra se exige licencia, en ésta se incluirá el nombre, apellido y el número de la matrícula del Ingeniero.</p>

Nota. Tomado de la ley 51 DE 1986. Diario Oficial No. 37.673 de octubre de 15 de 1986; (*EL CONGRESO DE COLOMBIA, 1986*).

4.4 Marco Tecnológico.

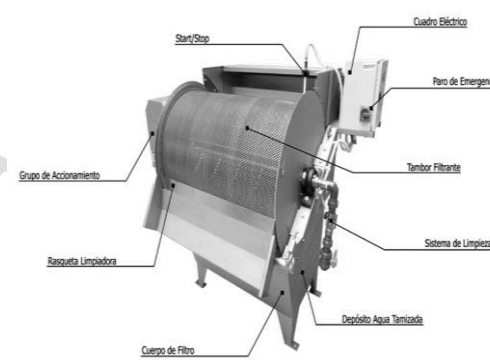

Los usos de herramientas en la actividad humana hacen que se logre ser más eficiente en el desarrollo industrial en la transformación de la materia prima agrícola que fortalezca el trabajo artesanal existente, generando mayor calidad a su producto, minimizando sus costos de producción

y ampliando su capacidad en planta, logrando así mejorar la calidad de vida de las personas de una manera incluyente.

Estos nuevos procesos tecnológicos brindan la capacidad de aumentar la producción sin perder su calidad ofreciendo nuevas oportunidades laborales sin desplazar lo tradicional fomentando el trabajo activo y cooperativo en la región.

Tabla 9

Tecnología a Emplear

Descripción	Ilustración
<p>Filtro de tambor rotatorio.</p> <p>Es un equipo de uso industrial auto limpiante, con el que se consigue una gran eficiencia de separación de partículas, gruesas, finas y ultrafinas, según sea la configuración de los paneles filtrantes para conseguir la mejor relación entre Caudal a filtrar y porcentaje de remoción. Adaptado de (TORO EQUIPMENT S.L., 2020).</p>	
<p>Molino de Disco Fijo.</p> <p>Dispositivo usado para la reducción de cargas medianamente pequeñas que se hacen pasar por una abertura estrecha que existe entre dos discos estriados uno fijo y otro móvil que giran a determinada velocidad, generando una acción cizallante que produce la trituración o pulverización del material ingresado. Adaptado de (ÁREVALO MORAGA, 2021).</p>	

Decantación Centrífuga.

equipo industrial giratorio que se usa cuando se deben separar dos fases de la materia, generalmente sólido - líquido, con el fin de acelerar el proceso de sedimentación, al sustituir la gravedad por la aceleración centrífuga separándose según sea su densidad

Adaptado de (ANDRITZ HYDRO Ltda., 2020).



Mezcladora de Alimentos.

Equipo mecánico que sustituye el mezclado manual de ingredientes individuales con la finalidad de conseguir un material homogéneo necesario en un siguiente paso consecutivo.

Adaptado de (MAX MIXER CO., LIMITED, 2020).



Tamiz Oscilante.

Dispositivo que permite simular el cribado manual realizando movimientos en los diferentes ejes espaciales según se requiera, por lo que permite tener alta eficiencia al trabajar con partículas ultra finas.

Adaptado de (vibrosievingmachine, 2019).



Marmita Industrial.

Herramienta utilizada para realizar diferentes procesos en los que se involucren transferencias de calor indirecto, por medio de un gas o un líquido.

Adaptado de (Ingeniería Metalmeccánica Alimenticia S.A.S., 2019).



Nota. La tabla muestra la tecnología que se analizarán para determinar qué elementos se deben integrar en el prototipo a construir, de tal manera ayude a pre visualizar las diferentes configuraciones de diseño posibles.

Con la finalidad de direccionar la investigación de los procesos de transformación de materias primas a emplear, se aplica prioridad al proceso de reducción de grano y al proceso de tamizaje, recopilando en una tabla la relación que existe entre los diferentes métodos, y la fase de la materia con la que interactúan.

Tabla 10

Clasificación de Métodos de Reducción de Grano

Técnica de Reducción de Grano		Fase	
Descripción	Tipo	Sólido	Sólido-líquido
Rodillo Triturante	Compresión	x	
Molino de Martillos	Impacto	x	
Molino de Disco Único	Fricción(Cizalla)	x	x
Molino de Disco Doble	Fricción(Cizalla)	x	x
Molino de Bolas	Gravitatorio	x	x
Molino de Barras	Gravitatorio	x	x



Nota. Se clasifican los métodos de tal forma que se pre visualiza los métodos de interés de reducción de grano según la interacción directa con la fase de la materia que pueden trabajar. La tabla es Adaptada de (Brennan, 1998).

Tabla 11

Clasificación de Métodos de Separación.

Técnica de separación	Fase			
	Descripción	Sólido-Sólido	Sólido-Líquido	Sólido-Gas
Separación en Ciclones				X
Frotación	X			
Tamizado en Zarandas	X			
Sedimentación por Gravedad			X	X
Tamiz Estático	X		X	
Tamiz Vibratorio	X		X	
Tamiz Rotativo	X		X	
Tamiz Deslizante	X		X	
Tamiz Ultrasónico			X	
Hidrociclón			X	X
Centrifuga			X	
Decantación Centrisieve			X	
Prensa de Bandas			X	
Filtro Tambor Rotatorio			X	
Filtro Prensa			X	
Prensa de Rodillos			X	
Prensa de Tornillo			X	

Nota. Generando la clasificación se pre visualiza las técnicas de separación de interés; adaptado de (CONICET - UNS, 2020).



5. Diseño Metodológico.

5.1 Línea de Investigación de Acuerdo con el Programa de Ingeniería Mecánica.

Esta investigación se ha enmarcado en la línea institucional denominada Diseño de Máquinas o Equipos Industriales, con el objetivo de abordar el problema que afecta directamente el bienestar y la calidad de vida de los trabajadores que usan su fuerza física para transformar la materia prima, implementando tecnología y procesos de manufactura, buscando mejorará la eficiencia, el aprovechamiento de la materia prima optimizando el uso de energías de tal forma que sea responsable con el medio ambiente (CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE NARIÑO, 2019).

5.2 Tipo de Investigación.

Investigación descriptiva: La presente investigación parte de la observación y la necesidad de controlar y manipular el objeto a estudiar, con el fin de identificar las probables causalidades derivadas de la implementación de prototipos mecánicos, que afecten directamente con la calidad artesanal del producto interviniendo sus variables dentro de la transformación de la materia prima, logrando estandarizar el procedimiento en un entorno controlado que permitan su análisis, la recopilación de datos e información, que se usara por la comunidad para generar ingresos, resaltando de esta manera la importancia de ejecutar este tipo de prototipo en el municipio de Sibundoy - Putumayo.



5.3 Método de Investigación.

la presente investigación se desarrolla a partir del método Inductivo Deductivo partiendo desde el análisis de información, basado en la ingeniería concurrente que conlleva a solucionar dicha problemática y plantea un alcance y hasta donde se quiere llegar, elaborar unos diseños que puedan brindar soluciones para poder escoger la que se adapte mejor a las necesidades, producir un diseño, practicar todo tipo de mediciones, ya sea de materiales y de medidas estándar de los órganos participantes en el prototipo, pasar a la elaboración y ejecución del prototipo, teniendo en cuenta todos los parámetros necesarios para su perfecta operación.

5.4 Enfoque Investigativo.

Esta investigación es de tipo cuantitativa y cualitativa ya que es necesaria para este proyecto dado que se requiere de la medición de ciertas variables y cálculos matemáticos respectivos de necesidad que se requiere para el desarrollo de diseño y construcción del prototipo; y enfoque cualitativo hace referencia a la parte investigativa obtención de información en cuanto a quién va dirigido y las características que se deben tener en cuenta para el buen desarrollo del proyecto (Andrade Naranjo, Torres Cabezas, & Mejía Cabezas, 2018).

5.5 Determinación del Universo Investigativo.

Este proyecto investigativo hasta el momento se ha basado en analizar el proceso artesanal de fermentación, molienda, filtrado y cocción del maíz, que se hace en el municipio de Sibundoy - putumayo, como tipo deductivo; se intenta realizar el estudio de variables para generar un prototipo que mejore la producción y los tiempos requeridos para la fabricación de maíz añejo, situando la mayor parte de del presente proyecto de investigación en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.



5.6 Variables de Estudio.

Se plantean aspectos y características cuantitativas y cualitativas que constituyen conceptos sustanciales para el estudio de los elementos de diseño mecánico a implementar.

Tabla 12

Tipo de Variable de Estudio.

ítem	Descripción
Variable Dependiente	Peso del Producto Transmisión de Potencia Material del Prototipo Temperatura de Cocción de Maíz Tamaño de Grano Humedad del Producto Energía Eléctrica Energía Térmica Dimensiones del Prototipo Tipo de Proceso Requerido Tiempo del Proceso Flujo Másico Volumen Temperatura
Variabes Independientes:	Condiciones del Lugar de Trabajo del Dispositivo Buenas Prácticas de Manufactura

Nota Se realiza la separación de variables y se asignan atributos a ellas con el fin de comprobar cuales cambiaran a lo largo de la investigación.



6. Elementos de Administración y Control.

6.1 Recursos Físicos.

La infraestructura necesaria para realizar el trabajo de manera más cómoda donde se pueda realizar sin complicaciones el proyecto que se plantea

Tabla 13

Recursos Físicos

Ítem	Descripción
•	Laboratorios Informáticos y Diseño 3D
•	Laboratorio Mecanizado de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
•	Biblioteca
•	Aulas Académicas

Nota. Se indican los recursos físicos como recursos tangibles que son necesarios en el desarrollo de la investigación

6.2 Recursos Humanos.

Todas las personas involucradas en el desarrollo de este proyecto; estudiantes: RICHARD ANDERSON GOMEZ PINEDA, director: ING. JUAN GUILLERMO CHINCHAJOA, Co director: Ing. Cristina Meneses López, sin omitir la colaboración e información brindada por parte de los interesados y productores ya que sin ellos no habría sido posible la realización del proyecto de investigación.



6.3 Recursos Técnicos.

Este instrumento identifica los recursos que se usarán en el desarrollo del proyecto, el cual contiene una diversidad de recursos las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 14

Recursos Técnicos

Ítem	Descripción
•	Computadores con los Softwares CAD para Diseño y Simulación de Procesos.
•	Herramientas de Mecanizado de Lamina
•	Herramientas Eléctricas
•	Libros y Tesis de Biblioteca
•	Equipos de Soldadura MIG, TIG
•	Kit de Herramientas
•	Centro de Mecanizado
•	Impresora 3D

Nota. Se mencionan los correspondientes elementos necesarios en la fabricación y diseño del prototipo en cuestión

6.4 Recursos Financieros.

6.4.1 Presupuesto.

Este proyecto será financiado con el apoyo de las partes interesadas: Sandra Nelly Pineda Suarez y Richard Anderson Gomez Pineda.

A continuación, se indica el presupuesto necesario para la fabricación y puesta en marcha del prototipo de máquina.



Tabla 15

Material Directo.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Valor total(\$)
Lamina Acero Inoxidable 405	1	380.000	380.000
Tubería Cuadrada 1"	4	32.450	129.800
Eje Cuñero Cuadrado	1	40.000	40.000
Lamina Acero Dúctil Cal 20	2	88.500	177.000
Perfil L 1"X1/8	1	29.800	29.800
Platina 10mm	1	28.000	28.000
Eje Acero 1045	1	32.400	32.400
Chumacera SVF 3/4	5	11.560	57.800
Eje de 1/2 In	1	15.500	15.500
Punta Motriz	1	40.000	40.000
Piñón Biselado	2	250.000	500.000
Motor Monofásico Siemens	1	690.000	690.000
Chumacera (1/2in)	1	22.900	22.900
Adaptador PVC	8	400,00	3.200
Molino Corona	1	99.000	99.000
Poleas Tipo B1 Diferentes Diámetros	4	49.500	198.000
Filtro de Agua O3	1	155.000	155.000
Correas en V	2	15.500	31.000
Argón Gaseoso	1	338.500	338.500
Micro Alambre	1	86.000	86.000
Micro Alambre Inoxidable	1	55.000	55.000
TOTAL			2.629.400

Nota. Materiales necesarios para la fabricación del prototipo de máquina.

**Tabla 16***Material Indirecto.*

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Bisagras	4	10.250	41.000
Cubierta Termo Incogible	1	3.000	3.000
Cajas Plástica	2	6.250	12.500
Lámparas Piloto	4	4.000	16.000
Breaker Riel 1x 20 A	1	22.500	22.500
Cable Encauchetado 2x10	3	12.500	37.500
Cable Cal 20	6	4.217	25.300
Relé Térmico 25A	1	45.000	45.000
Terminales Faston	42	1.119	47.000
Accesorios Soldadura	1	147.000	147.000
Pintura	1	25.000	25.000
Disolvente	2	10.300	20.600
Anticorrosivo	1	16.800	16.800
Masilla Plástica	1	22.500	22.500
Discos Corte	4	6.250	25.000
Contactador 32A	1	45.000	45.000
Contactador NC	1	18.000	18.000
Nivel De Agua	1	25.000	25.000
Clavija 20A	1	24.500	24.500
Cinta Doble Cara	1	3.000	3.000
Pegamento Epoxi	1	8.000	8.000
Arandelas Zinc 1/2	40	270	10.800
Tornillos Hexagonal 3/8x2"	21	905	19.000
Cuña Cuadrada 3/16	3	3.633	10.900
Cauchos 1"	6	1.200	7.200
Reten 12mm	2	4.000	8.000



TOTAL**686.100**

Nota. Materiales con relativa relevancia para la terminación del prototipo.

Tabla 17

Mano de Obra Directa.

Descripción	Cantidad	Días de labor	Costo Día (\$)	Sub Total (\$)
Soldador	1	60	56.667	3.400.000
TOTAL				3.400.000

Nota. Fuerza laboral encargada de realizar la construcción del prototipo.

Tabla 18

Gastos Energéticos de Fabricación del Prototipo.

Descripción	Unidad	Potencia/Hora	Horas de Trabajo	Vr Unitario KW/h (\$)	Vr Total (\$)
Pulidora	kW/h	4,5	6	675	18.225
Soldador	kW/h	5,4	40	675	145.800
Tronzadora	kW/h	5,7	5	675	19.238
Torno	kW/h	9,5	2	675	12.825
Taladro	kW/h	1,5	1	675	1.013
Compresor	kW/h	5	1,5	675	5.063
TOTAL					202.163

Nota. Se presenta un costo aproximado del consumo energético necesario para la fabricación de los componentes mecánicos del prototipo.



Tabla 19

Presupuesto Total para la Fabricación del Prototipo de Máquina.

Descripción	Sub Total (\$)
Materiales Directos	2.629.400
Materiales Indirectos	686.100
Mano de Obra	3.400.000
Gastos de Producción	202.163
Imprevistos (25%)	1.729.500
TOTAL	8.647.200

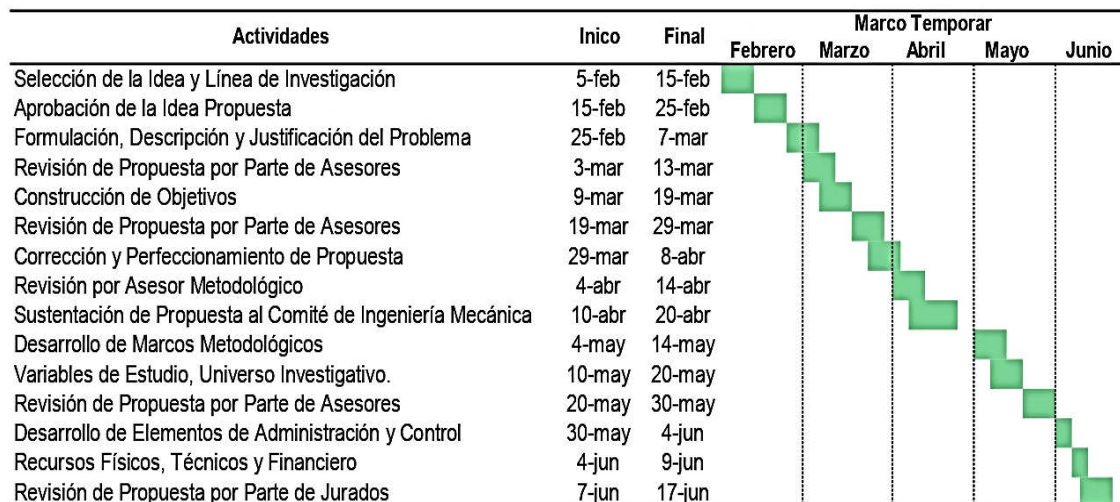
Nota. Se presenta un presupuesto de inversión real a la fecha de la fabricación del prototipo de máquina y se agrega un presupuesto adicional igual al 25% para gastos imprevistos.

6.5 Cronograma de Actividades.

Se plantea las actividades para la gestión del proyecto, de tal manera que se pueda verificar las tareas a cumplir y el orden que deben llevar en el tiempo

Figura 3

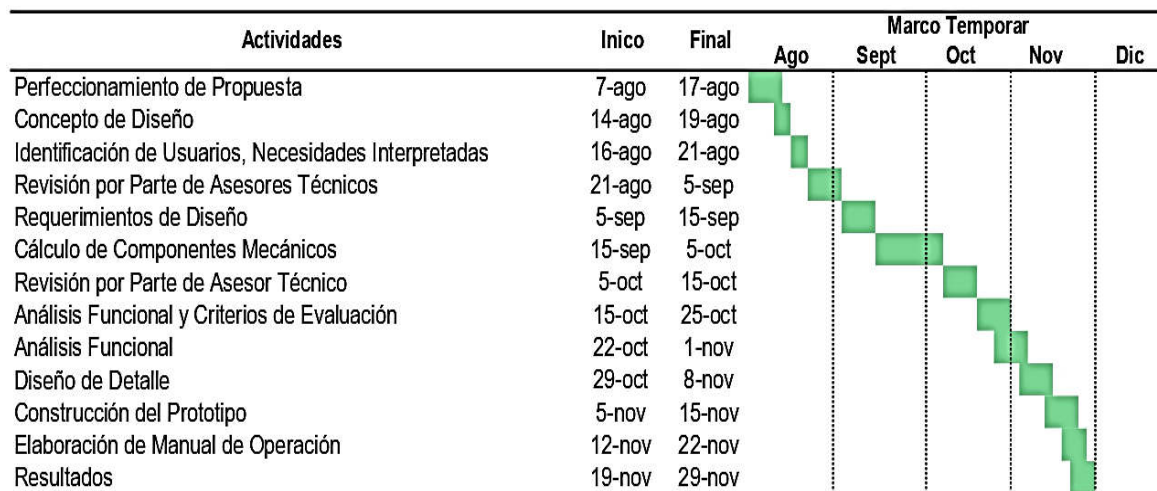
Cronograma de Actividades Periodo 2022_1



Nota. (Esta investigación, 2023).

Figura 4

Cronograma de Actividades Periodo 2022_2



Nota. (Esta investigación, 2023).



7. Concepto de Diseño.

7.1 Identificación de los Usuarios.

La intención de materializar este proyecto se debe a la necesidad de industrializar un producto que se elabora de forma artesanal, que afecta y deteriora físicamente a las personas que transforman esta materia prima, en este caso maíz para la obtención de masa, esto genera tiempo prolongado a la hora de producir y entregar el producto final para su posterior venta, a la cual se le suma la creciente demanda de los clientes de este producto.

El propósito del proyecto es aprovechar dicha materia prima producida por los campesinos de la zona, incentivando a la siembra del mismo, mejorando la economía de la región implementando una línea de producción para disminuir el tiempo de transformación de dicha materia, que dura entre dos a tres días, buscando industrializar dicho proceso artesanal para competir en mercados sofisticados.

7.2 Necesidades Interpretadas de los Usuarios.

En la siguiente tabla muestra las necesidades sugeridas por parte de los propietarios y operarios involucrados directamente en el procesamiento de la materia prima, conjunto con la interpretación directriz que permita el análisis, elección de diseño y construcción, generando en el cliente su entera satisfacción.

Tabla 20

Necesidades Interpretadas de los Usuarios.

Cliente:	Equipo de diseño:	Richard gomez
Dirección: Cra. 10 5-06 Sibundoy	Fecha de inicio:	04/octubre/2022



Teléfono: 3137585161		Tipo de usuario:	Propietario
Pregunta	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada	
Aspectos funcionales	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que la máquina sea de fácil manejo. • Necesita conexión a la red de energía doméstica • El maíz que entra a la máquina ya está fermentado y lavado • Se solicita que los procesos se activen consecutivamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar visibilidad de interruptores de inicio con tablero analógico • Componentes eléctricos funcionan a 110v • Ingresa materia prima lista para procesar en el prototipo • On/off motor de inicio secuencial. 	
Aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que procese 40 kg/h • fácil limpieza • Requiere que sea de fácil transporte • Necesita que evite accidentes por el uso de la máquina 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de 320 kg/8h. • Fácil acceso y limpieza • Diseño compacto • El equipo debe cumplir con seguridad industrial e higiene ocupacional. 	
Aspectos normativos y ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que no produzca mucho ruido, y vibraciones • Se solicita que no haya derrames de líquido ni materia prima • Requiere que los materiales en contacto con el producto sean inoxidables 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento a estándares de seguridad y salud en el trabajo (>80db) • Garantizar la prevención y promover las buenas prácticas en el área de trabajo • Garantizar normas AISI 404 inoxidables austeníticos 	



Aspecto financiero	<ul style="list-style-type: none">• Requiere no exceda los nueve (9) millones de pesos para su fabricación	<ul style="list-style-type: none">• Viabilidad del proyecto con un monto inferior o igual a \$9.000.000
--------------------	--	---

Nota La identificación de las necesidades que pretende suplir el cliente con la implementación de un equipo mecánico le permitirá obtener una experiencia positiva en la manipulación de la misma.

7.3 Análisis del Proceso y del Producto.

A continuación, se menciona de forma global el proceso productivo para identificar las condiciones de entrada y de salida del proceso que se va a diseñar.

La materia prima debe ingresar húmeda, previamente fermentada y lavada, libre de impurezas tales como piedras y granos descompuestos, debe ser dispuesta en una tolva que contenga la cantidad de materia a ingresar en la etapa de molido, como referencia se asume 2 kg para el estudio; A continuación, debe realizarse la etapa de mezclado donde se adiciona agua tratada, libre de impurezas y o patógenos que representen un riesgo para la salud, en porciones iguales de acuerdo a la cantidad de materia prima procesada, y se mezcla hasta conseguir homogeneidad entre ambos; En seguida se dará inicio a la etapa de filtrado, donde se ingresa la mezcla con un grano fino de entre 1 - 2 mm de diámetro que separa el almidón del pericarpio suspendido en la mezcla, el cual consta de un tamiz oscilante que solo permite el paso del almidón y sitúa el pericarpio fuera del siguiente proceso.

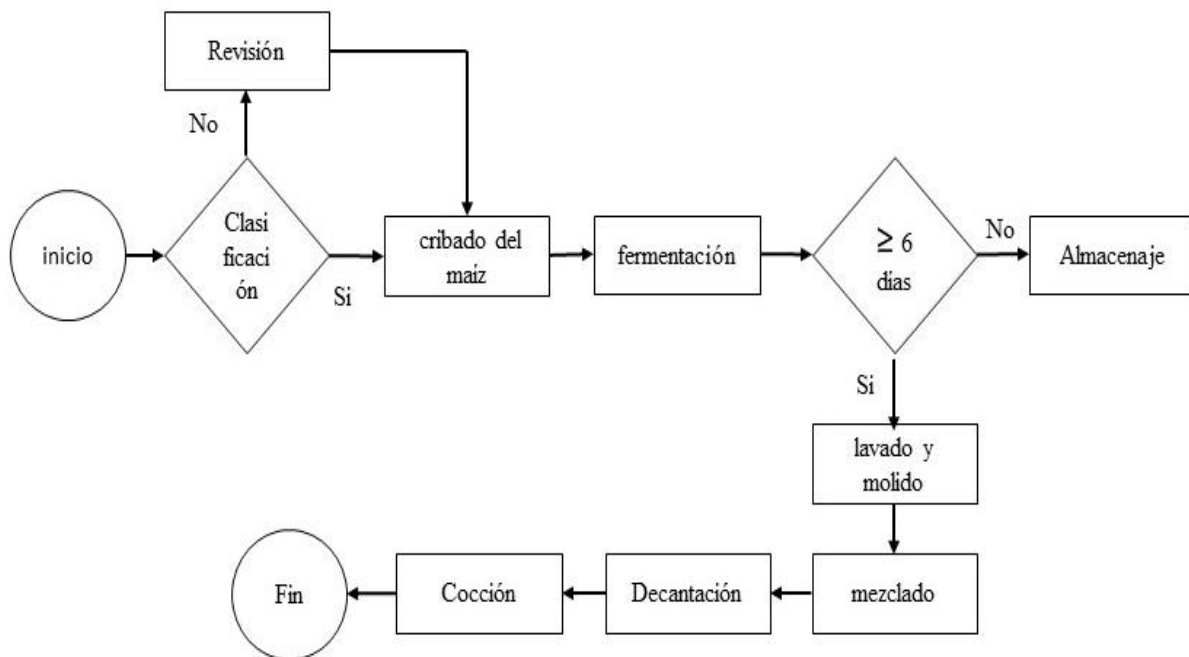
En la siguiente etapa se realiza una decantación, en el cual ingresa el almidón suspendido mezclado con agua para retirar un 70% por ciento de esta y posteriormente pasar al proceso de cocción, en este proceso se debe conseguir girar y voltear el almidón por un tiempo de entre 10 -

20 minutos a una temperatura de entre 150 - 180 grados Celsius para conseguir una masa cocida de textura blanda, que se debe enfriar para su posterior embalaje y transporte.

A continuación, se indica de forma gráfica los procesos involucrados en la transformación de la materia prima.

Figura 5

Diagrama de Procesos.

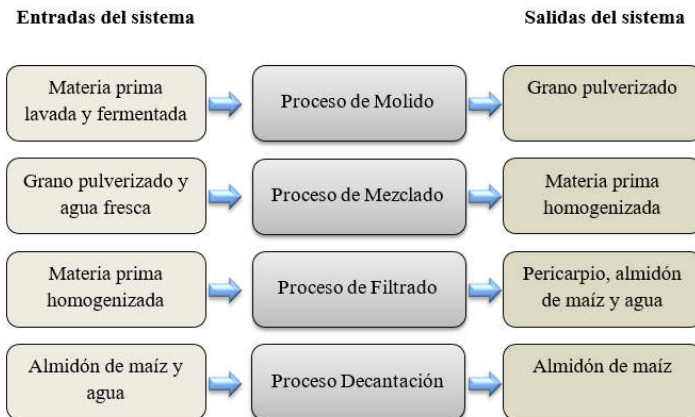


Nota. El diseño del diagrama de proceso permite indicar de forma gráfica cómo funciona el proceso de producción del maíz añejo, de acuerdo a ello nos provee la capacidad de mejorar e intervenir algún área específica y hacer un seguimiento a todo el proceso.

7.4 Análisis Funcional.

Figura 6

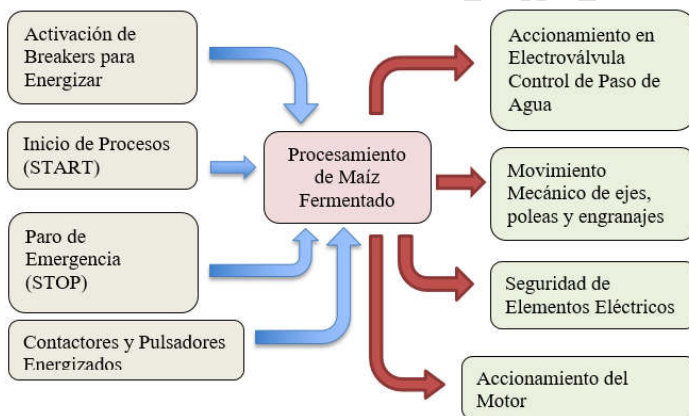
Análisis Funcional Caja Negra



Nota. Se visualiza hipotéticamente la transformación de los elementos que ingresan en cada proceso y su resultado al finalizar.

Figura 7

Análisis Funcional Caja Transparente



Nota. Se realiza el análisis funcional desde el punto de vista de las acciones necesarias para poner en funcionamiento el procesamiento de la materia prima.



7.6 Requerimientos de Diseño.

Los requerimientos definen el problema de manera completa y con un punto de vista contractual de lo que se tiene que lograr; el producto terminado puede ser probado y validado en cuanto se cumpla con estas especificaciones, ayudando a no cometer errores no previstos antes de la construcción y de igual manera satisfacer las necesidades demandadas del producto final el cual asegura el éxito del diseño.

Tabla 21

Requerimientos de Diseño. (Tolva)

Ítem	Descripción
Requerimientos de Entrada	Materia prima Previamente Fermentada y Lavada, 2 kg
Requerimientos del Equipo	Capacidad Volumétrica ≥ 2 L
Requerimientos de Funcionalidad	Fácil Acceso Fácil Limpieza
Requerimientos de Seguridad	Señalización Paro de Emergencia Normas de Seguridad Alimentaria Material en Acero Inoxidable AISI 308L
Especificaciones Estéticas	Texturas Lisas
Especificaciones Económicas	Bajo Costo de Fabricación

Nota. Se realiza el cuadro con determinadas variables cuantitativas y cualitativas que se presentan antes de generar la solución de diseño.



Tabla 22

Requerimientos de Diseño. (Molino)

Ítem	Descripción
Requerimientos del Equipo	Potencia motriz (hp) Velocidad de entrada Corte cizalla Lubricación Mínima Energía Eléctrica
Requerimientos de Funcionalidad	Fácil Limpieza
Requerimientos de Seguridad	Señalización Niveles de Ruido Permisibles a (80db) Materiales de Grado Alimenticio
Requerimientos de Proceso	Reducción del Grano a un Diámetro de 1-2 (mm) de Diámetro.
Especificaciones Estéticas	Por Determinar

Nota. Las diferentes variables otorgan a cada componente un determinado nivel versatilidad al compartir recursos en común.

Tabla 23

Requerimientos de Diseño. (Mezclador)

Ítem	Descripción
Requerimientos de Entrada	Agua Filtrada Materia Prima Reducida a 1-2 mm de Diámetro
Requerimientos del Equipo	Capacidad Volumétrica ≥ 5 L Potencia de Motriz Dirección de Flujo de Movimiento
Requerimientos de Funcionalidad	Fácil Limpieza



Requerimientos de Seguridad	Normas de Seguridad Alimenticia Material Inerte para Contacto con Alimentos
Requerimientos de Proceso	Mezclado Homogéneo de Agua y Almidón
Especificaciones Estéticas	Esquinas Curvas Texturas Lisas Bordes no Filosos Tamaño sin Especificar
Especificaciones Económicas	Sin Especificar

Nota. El diseño de este componente, requiere conseguir integrarse y funcionar con una capacidad volumétrica específica en condiciones de ingreso y salida de materia unidireccional.

Tabla 24

Requerimientos de Diseño. (Filtrado)

Ítem	Descripción
Requerimientos de Entrada	Materia Prima Homogeneizada con Agua
Requerimientos del Equipo	Capacidad Volumétrica Potencia Motriz Velocidad de Mezclado Energía Eléctrica Filtro de Grano Fino Viscosidad Media
Requerimientos de Funcionalidad	Fácil Limpieza
Requerimientos de seguridad	Señalización Normas de Seguridad alimentaria
Requerimientos de proceso	Separación del pericarpio del almidón Suspendido en el agua
Especificaciones estéticas	Texturas lisas Tamaño sin especificar



Nota. En el desarrollo del proceso este componente debe permitir la separación del pericarpio del almidón e integrarse al diseño anterior para mantener el flujo unidireccional de la materia prima.

Tabla 25

Requerimientos de Diseño. (Decantación)

Ítem	Descripción
Requerimientos de Entrada	Mezcla de Almidón Suspendida en Agua sin Pericarpio
Requerimientos del Equipo	Potencia Motriz Energía Eléctrica
Requerimientos de Funcionalidad	Fácil Limpieza
Requerimientos de Seguridad	Normas de Seguridad Alimenticia Material en Acero Inoxidable AISI 316
Requerimientos de Proceso	Extracción de Agua del Almidón a un 60%
Especificaciones Estéticas	Bordes no Filosos Tamaño sin Especificar
Especificaciones Económicas	Sin Especificar

Nota. El diseño de este componente debe ser capaz de integrarse al diseño anterior y contener el volumen de materia procesada en un intervalo de tiempo de trabajo no menor a 10 minutos y que pueda ser reemplazado con facilidad para no interferir en la producción



7.7 Criterios de Evaluación.

7.7.1 Restricciones de Diseño.

Se evalúa los parámetros de restricción a los que se asignará una ponderación que ayudará a decidir qué opción de diseño es la más óptima, maximizando las ventajas y minimizando las desventajas a un desempeño relativo.

Tabla 26

Desempeño Relativo

Desempeño relativo	Calificación
Recomendable	5
Superior	4
Referencia	3
Limitado	2
Inaceptable	1

Nota. La tabla refiere a la importancia que se percibe y se da a cada aspecto evaluado en comparación con otros aspectos, adaptado de (*Esp.ing. Arteaga Noguera, 2018*).

7.8 Evaluación de Diseño.

Para realizar la evaluación de diseño de cada componente aplicamos el desempeño relativo a cada uno de ellos Empleando una ponderación numérica que, al ser sumada, indicara cual es la opción más acertada y que se puede a integrar en el diseño de detalle final del prototipo en cuestión.



Tabla 27

Evaluación de Diseño (Tolva)

Descripción	Referencia	Cilindro	Cónico	Cuadrado	Trapezoidal
Fácil Construcción	3	5	5	5	3
Limpieza	3	4	4	2	3
Eficiencia	3	5	5	5	4
Acceso	3	2	4	3	3
Total	12	17	18	15	13

Nota. La evaluación del ingreso de materia prima establece un desempeño relativo de 18 puntos indicando un diseño de tolva tipo cónico como la alternativa más acertada a implementar en el diseño final.

Tabla 28

Evaluación de Diseño (Reducción de Grano)

Descripción	Ref.	Compresión	Impacto	Cizalla	Gravitatorio
Facilidad de Construcción	3	4	4	4	4
Limpieza	3	2	4	4	2
Fase Involucrada Sólido/Líquido	3	3	1	5	5
Aplicación Industria Alimentaria	3	3	2	5	2
Tamaño de Grano Fino/ultra Fino	3	5	5	5	5
Ruido	3	2	1	2	1
Vibración	3	3	3	3	3
Eficiencia	3	5	5	4	4
Lubricación	3	3	3	3	3
Total	27	30	28	35	29



Nota. La evaluación del proceso de reducción de grano establece un desempeño relativo de 35 puntos indicando un diseño de molino tipo cizalla de disco fijo, como la alternativa más acertada a implementar en el diseño final.

Tabla 29

Evaluación de Diseño (Mezclador)

Descripción	Ref.	Flujo	Paletas	Helicoidal	Centrífuga
Facilidad de Construcción	3	4	4	3	2
Limpieza	3	4	5	5	4
Fase Involucrada Sólido/Líquido	3	5	5	5	5
Aplicación Industria Alimentaria	3	5	5	5	4
Viscosidad Media	3	3	5	5	3
Ruido	3	4	4	3	3
Vibración	3	5	4	4	3
Eficiencia	3	5	5	5	5
Tamaño	3	3	4	4	5
Total	27	38	41	39	34

Nota. Se determina un diseño de mezclador por paletas, al obtener una evaluación de desempeño relativo de 41 puntos

Tabla 30

Evaluación de diseño de (Filtrado)

Descripción	Ref.	Gravedad	Estático	Vibratorio	Rotativo	Oscilante	Ultrasónico
Fácil							
Construcción	3	5	4	4	4	4	2
Limpieza	3	5	2	3	4	5	5



Fase, (sólido-líquido)	3	3	3	3	5	5	5
Aplicación Ind. Alimentaria	3	3	4	5	5	5	5
Accesibilidad	3	5	5	5	5	5	4
Ruido	3	5	5	4	4	4	3
Vibración	3	5	5	4	5	4	5
Costo	5	5	3	4	3	4	1
Eficiencia	3	2	2	2	4	5	5
Total	29	38	33	34	39	41	35

Nota. Se contempla un diseño de filtro oscilante a implementar en el diseño final, al obtener una evaluación de desempeño relativo de 41 puntos.

Tabla 31





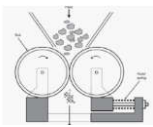


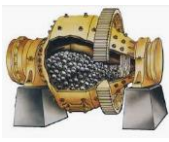









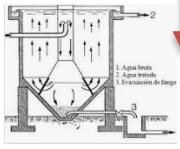


Evaluación de Diseño (Decantación)

Descripción	Ref.	gravedad	Membranas	Centrisieve	Hidrocyclon
Fácil Construcción	3	5	4	4	4
Limpieza	3	5	5	5	5
Fase, (Sólido-Líquido)	3	5	4	4	5
Aplicación Ind. Alimentaria	3	5	4	5	5
Accesibilidad	3	5	5	5	5
Ruido	3	5	5	4	4
Vibración	3	5	5	4	4
Costo	3	5	4	4	4
Eficiencia	3	3	3	5	4
Viscosidad Media	3	5	3	3	4
Total	30	48	42	43	44

Nota. La evaluación del proceso de decantación establece un desempeño relativo de 48 puntos indicando un diseño de decantación por gravedad, como la alternativa más acertada a implementar en el diseño final.

Tabla 32

Matriz Morfológica

Descripción	opción 1	opción 2	opción 3	opción 4
Ingreso a Molino	Pistón 	Banda de transporte 	Volumétrico 	Gravedad tipo cónico 
Reducción de Grano	Compresión 	Impacto 	Cizalla 	Gravitatorio 
Mezclador	Helicoidal 	Paletas 	Centrífuga 	Flujo 
Filtrado	Estático 	oscilante 	Rotativo 	Vibratorio 
Decantación	Membranas 	Gravedad 	Centrífuga 	Hidrociclón 

Control de Mando	Automático 	Semi -automático 	Análogo 	
Tipo de Transmisión	Engranajes 	Cadena y engranes 	Bandas y poleas 	

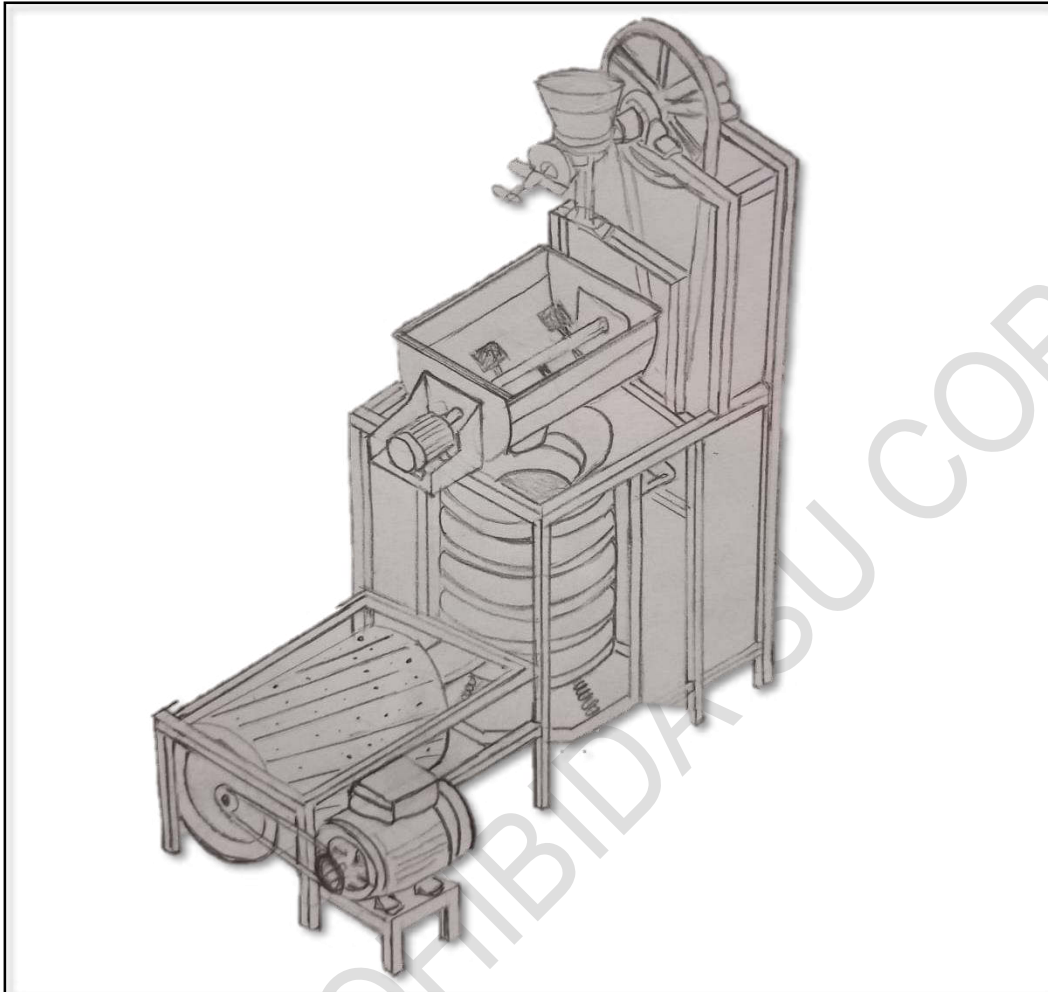
Nota. La matriz morfológica nos plantea las múltiples opciones y variantes que puede tomar el diseño del prototipo en cuestión, permitiendo analizar las ventajas y desventajas de cada componente y la interacción con el anterior proceso, otorgando un lineamiento claro para la realización del diseño final del prototipo.

7.9 Boceto inicial del Prototipo.

Se designa el primer bosquejo esquemático en el cual se pre visualiza las formas de los componentes según los requerimientos y la evaluación de diseño, así determinar el rumbo del diseño en 3D a el modelo definitivo.

Figura 8

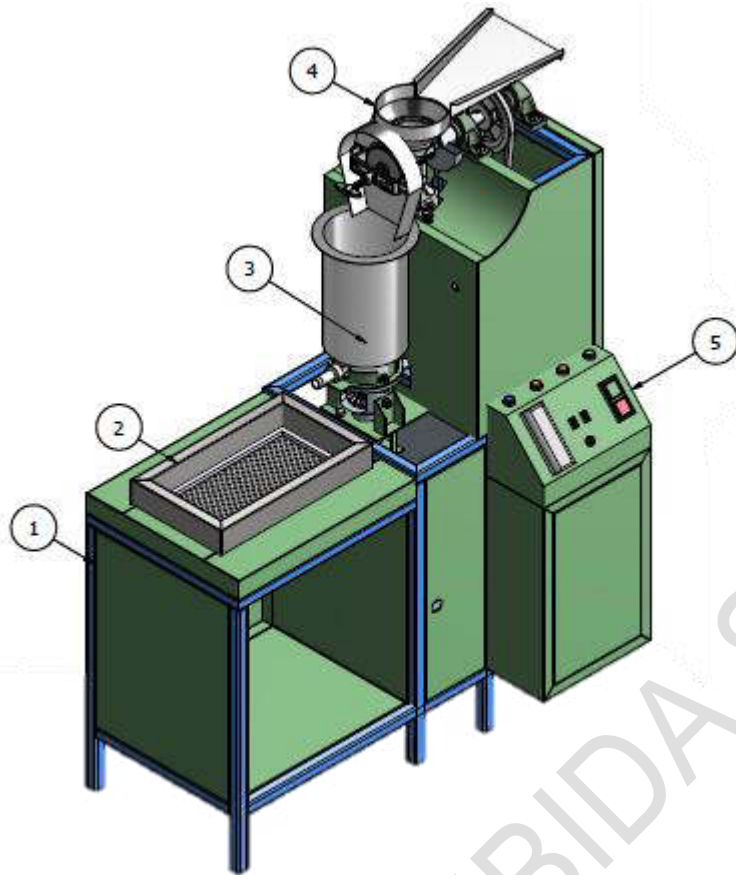
Boceto Inicial del Prototipo



Nota. El boceto inicial indica una línea de producción la cual integra los 4 procesos de transformación de la materia prima, respaldado por los paramentos de diseño y la evaluación relativa de cada uno de los componentes del prototipo.

Figura 9

Diseño final Digitalizado y Modelado en 3D

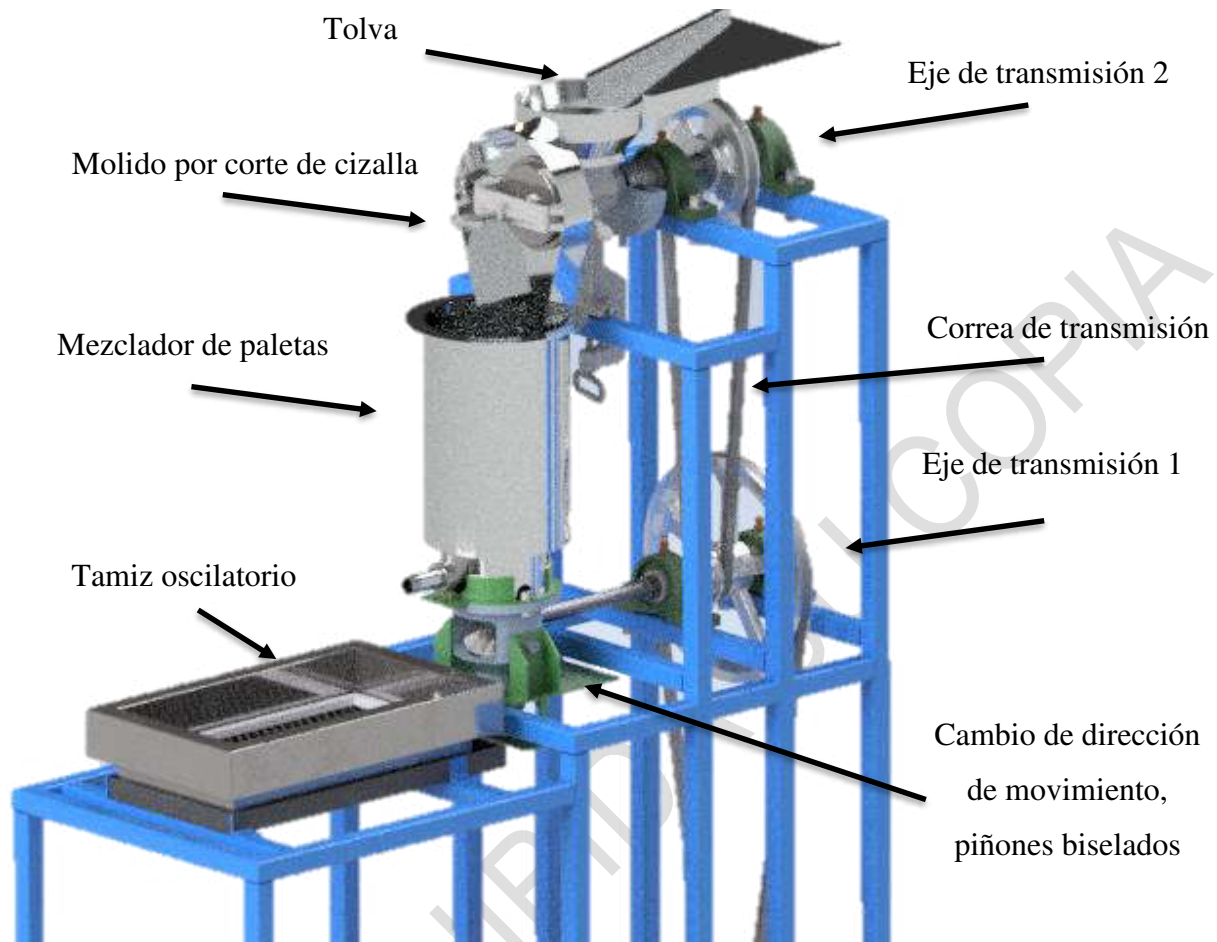


Pieza	Descripción
1	Estructura
2	Proceso de Filtrado
3	Proceso de Mezclado
4	Proceso de Molido
5	Cubierta de Estructura
6	Tablero de Control

Nota. En el desarrollo del modelo se logró integrar con éxito 3 procesos en un mismo cuerpo motriz, siendo necesario un solo motor para el funcionamiento del prototipo disminuyendo el número de componentes y mejorando la eficiencia energética.

Figura 10

Diseño final Modelado en 3D; Estructura y componentes mecanicos internos



Nota. En la presente figura se muestran los componentes principales para operar el prototipo según el análisis funcional, permitiendo su integración en un solo dispositivo capaz de entregar la potencia y movimiento a cada sistema del proceso de transformación de la materia en cuestión; Logrando disminuir el consumo de energía eléctrica que si cada sistema estuviera integrado por separado.



8. Diseño de Detalle.

8.1 Cálculo de Elementos Mecánicos del Prototipo.

8.1.1 Tolva.

Tabla 33

Parámetros Iniciales para el Ingreso de Prima al Molino por Medio de una Tolva

Ítem	Descripción
Densidad Aparente del Maíz	700 - 820 kg/m ³
Volumen a Granel del Maíz	1.2 -1.3 m ³ /t
Coefficiente de Fricción de Maíz Húmedo	0.308 – 0.424
Masa de Entrada Asumida para Estudio	2 kg

Nota. Adaptado de (Assennato, 2022).

Se aplica un promedio como se muestra a continuación para obtener una densidad aparente promedio del maíz:

$$\rho = \frac{700+820 \frac{kg}{m^3}}{2}$$

$$\rho = 760 \frac{kg}{m^3}$$

Para determinar el volumen que ocupará la materia prima en la tolva aplicamos la siguiente fórmula:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{2 \text{ kg}}{760 \frac{kg}{m^3}} = 2,63 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V = 2.63 \text{ L}$$

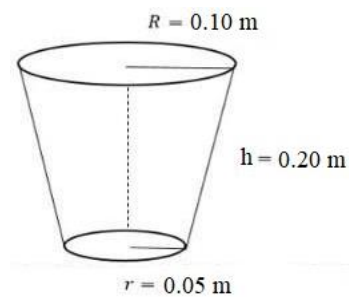
Para determinar la forma se tiene en cuenta los parámetros de diseño ver, **Tabla 27**

Evaluación de Diseño (Tolva)

Se asume una forma cónica truncada de las siguientes medidas.

Figura 11

Tolva Cónica Truncada



Nota. (Esta investigación, 2023)

Se aplica la **Ecuación 1**, para encontrar el valor del volumen de la tolva se asumen las medidas de la **figura 10**.

Ecuación 1. *Volumen de Geometría Cónica Truncada*

$$V = \frac{1}{3} \pi \cdot h (R^2 + r^2 + (R \cdot r))$$

$$V = \frac{1}{3} \pi \cdot 0.20m (0.10^2m + 0.05^2m + (0.10m \times 0.05m))$$

$$V = 3.665 \times 10^{-3}$$

Conversión a litros

$$V = 3.665 \times 10^{-3} m^3 \times \frac{1000 L}{1 m^3}$$



$$V = 3.66 L$$

Se determina que el recipiente es capaz de contener el volumen que ocupará la materia prima asumida al ingresar a la tolva.

8.1.2 Reducción de Grano.

Para el cálculo se usó un molino de compresión de corte por cizalla, para ello se tiene en cuenta los parámetros de diseño ver, **Tabla 28** *Evaluación de Diseño (Reducción de Grano)*.

Tabla 34

Parámetros Iniciales para la Reducción del Grano

Ítem	Descripción
Molino convencional hierro nodular de doble capa de estaño puro	Dureza (180-220) HB, composición aleación patentada por el fabricante
Revoluciones por minuto asumida	120rpm
Coefficiente de relleno de la sección	$\lambda = 0.25$
Densidad aparente promedio del maíz	$\rho = 760 \frac{kg}{m^3}$

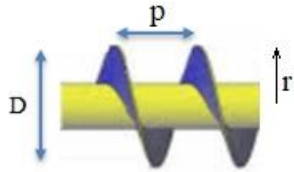
Nota. Se recopilan los datos necesarios para iniciar el desarrollo de los cálculos pertinentes a la reducción de grano.

Es necesario realizar ingeniería inversa a un molino convencional para determinar su capacidad volumétrica y másica, asumiendo rpm y determinada materia prima, (maíz fermentado húmedo)

8.1.3 Cálculo de tornillo transportador sinfín.

Figura 12

Dimensiones del Tornillo Transportador.



$$P = 0.00216 \text{ m}$$

$$D = 0.038 \text{ m}$$

$$r = 0.019 \text{ m}$$

Nota. Adaptado de (*Ingemecánica, 2020*)

Para calcular el área de relleno del canalón que ocupa el material que mueve el tornillo transportador sin fin se obtiene con la siguiente expresión matemática

Ecuación 2 (*S*) Área de relleno tornillo sin fin.

$$S = \lambda \frac{\pi \cdot (D)^2}{4} = (m^2)$$

Se aplica el coeficiente de relleno de la siguiente tabla



Figura 13

Coefficiente de Relleno en Función del Tipo de Carga de Transporte.

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Nota. Tomado de (*Ingemecánica, 2020*)

Reemplazo de valores

$$S = 0.25 \frac{\pi \cdot (0.038m)^2}{4}$$

$$S = 2.8 \times 10^{-4} m^2$$

Velocidad de Desplazamiento

Se Aplica la siguiente expresión matemática para realizar el cálculo de la velocidad angular

a 120 rpm

$$w = \frac{2\pi \text{ rad}}{60} \text{ rpm}$$

Reemplazo de valores

$$w = \frac{2\pi \text{ rad}}{60} 120 \text{ rpm}$$

$$w = 12.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Se obtiene la velocidad lineal como se muestra a continuación.

$$V = w \cdot r$$



$$V = 12.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times (0.019 \text{ m})$$

$$V = 0.23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se aplica la siguiente expresión matemática para calcular la capacidad volumétrica

$$\dot{v} = V \cdot A$$

Donde, A = (S) área de relleno del tornillo sin fin

Reemplazo de valores

$$\dot{v} = \left(0.23 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot (2.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$$

$$\dot{v} = 6 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \approx 0.231 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se calcula la capacidad de masa capaz de transportar con la siguiente expresión

$$\dot{m} = \dot{v} \cdot \rho$$

Reemplazo de valores

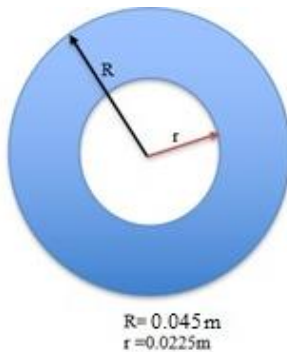
$$\dot{m} = 0.231 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = 175.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Cálculo del área transversal del disco

Figura 14

Dimensiones del Disco de Fricción



Nota. Se indica las medidas estándar de los discos de fricción del molino convencional marca corona

se calcula el área de contacto de la materia con el disco a través de la expresión matemática

Ecuación 3 Área del círculo

$$A = \pi(R^2 - r^2)$$

$$A = \pi(0.045 \text{ m}^2 - 0.0225 \text{ m}^2)$$

$$A = 4.77 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Se calcula la fuerza de frotamiento con la siguiente expresión

Ecuación 4 fuerza de fricción

$$Fr = \mu \cdot FN$$

$$Fr = 0.35 \cdot 9.81 \text{ N}$$

$$Fr = 3.43 \text{ N}$$

Se aplica la siguiente expresión matemática para obtener el Torque



$$T = F \cdot r$$

Se reemplaza valores

$$T = 12.2 \text{ N} \times 0.45 \text{ m}$$

$$T = 5.4 \text{ Nm}$$

Se Aplica la siguiente expresión matemática para obtener la potencia requerida

$$P = rpm \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot T$$

Reemplazo de valores

$$P = 1700 \text{ rpm} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 5.4 \text{ Nm}$$

$$P = 178.02 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 5.4 \text{ Nm}$$

$$P = 961.3 \text{ w}$$

Se aplica un factor de seguridad ASME. de (fs. 1.2) de tal manera que sea capaz suministrar más potencia del que tendría en condiciones normales de uso.

$$P = (961.308 \text{ w} \cdot 1.2)$$

$$P = 1153 \text{ w}$$

$$P = 1.5 \text{ hp}$$

Potencia del Motor.

Se asume 1kg de masa como materia de muestra para realizar el cálculo y se aplica la siguiente expresión matemática para encontrar el peso



$$W = m \cdot g$$

Reemplazo de valores

$$W = 1 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 9.81 \text{ N}$$

8.1.4 Potencia en el Eje.

Para el diseño del eje se escoge el método de flexión totalmente alternante con torsión para encontrar la potencia del eje motriz usando la siguiente ecuación.

$$T = \frac{63000 \times 1.5 \text{ HP}}{1700 \text{ RPM}} = 55.58 \text{ lb. in}$$

Se aplica la siguiente fórmula para encontrar la fuerza neta

$$FN = \frac{2T}{D}$$

$$FN = \frac{2 \times 55.58 \text{ lb. in}}{2 \text{ in}} = 55.58 \text{ lb}$$

Nota. Asumiendo el cálculo anterior, encontramos en el catálogo del fabricante (WEG) las características de sus motores como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 35

Catalogo Motores WEG (IV Polos) 60 Hz Monofásico

Motor(HP)	Rpm	T nominal (kgf.m)	T nominal (N.m)
0.35	1725	0.141	1.38
0.5	1740	0.207	2.02
0.75	1740	0.308	3.02

1	1765	0.414	4.05
1.5	1765	0.607	5.95
2	1745	0.837	8.2

Nota. Se continúan los cálculos tomando con referencia el motor WEG de 1.5 hp de potencia siendo este el más cercano a los resultados obtenidos. *Adaptado de (WEG, 2022)*

Tabla 36

Factores Iniciales para el Diseño de Transmisión de Potencia.

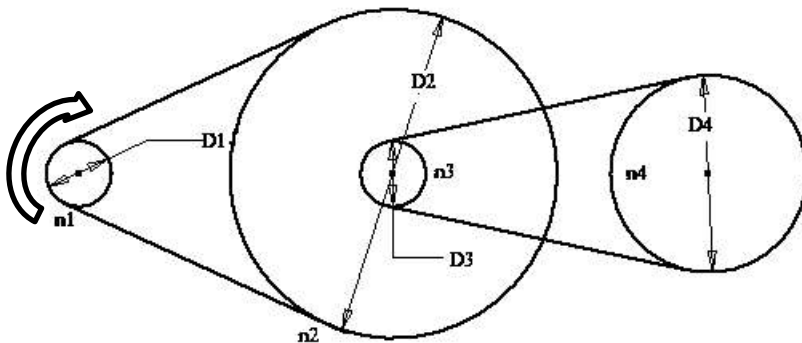
Ítem	Descripción
Fuerza de ruptura del maíz	$T = 82.4 \text{ N.m}$
Motor web 1. ½ hp	$T = 5.95 \text{ N.m}$
Rpm eje 1	$\leq 360 \text{ rpm}$ Etapa de mezclado
Rpm eje 2	$\leq 120 \text{ rpm}$ Etapa de molido

Nota. (Esta investigación, 2023)

Para alcanzar el torque de ruptura del maíz se aplicará una relación de transmisión de potencia en dos etapas como se muestra a continuación.

Figura 15

Diagrama, Relación de Transmisión





Nota Se indica de forma gráfica la relación que existirá entre las diferentes medidas de poleas

Tabla 37

Medidas Iniciales para el Diseño de Transmisión de Potencia.

D1= 2in	D2= ?	D3= 2 in	D4= ?
n1= 1765 rpm	n2= 360rpm	n3= n2	n4= 120 rpm

Nota. (Esta investigación, 2023)

Para encontrar el diámetro de las poleas en la relación de transmisión se emplea la siguiente expresión matemática

$$i = \frac{D1}{D2} \quad i = \frac{n1}{n2}$$

Diámetro de polea conducida en la relación de transmisión 1

Se despeja de la ecuación anterior

$$\frac{D1 \cdot n1}{n2} = D2$$

$$\frac{2in \cdot 1765 \text{ rpm}}{360 \text{ rpm}} = D2$$

$$9.8 \text{ in} = D2 \approx 10 \text{ in}$$

Diámetro de polea conducida en la relación de transmisión 2

$$\frac{D3 \cdot n3}{n4} = D4$$

$$\frac{2in \cdot 360 \text{ rpm}}{120 \text{ rpm}} = D4$$

$$6 \text{ in} = D4$$



Relación de transmisión 1

$$Rt1 = \frac{D2}{D1} = \frac{10 \text{ in}}{2 \text{ in}} = 5$$

Relación de transmisión 2

$$Rt1 = \frac{D4}{D3} = \frac{6 \text{ in}}{2 \text{ in}} = 3$$

Torque en el eje 1

$$T \text{ inicial} \times Rt1 = N. m$$

$$5.95 \text{ N. m} \times 5 = 29.75 \text{ N. m} = 263.30 \text{ lb. in}$$

Torque en el eje 2

$$T \text{ eje1} \times Rt2 = N. m$$

$$29.75 \text{ N. m} \times 3 = 89.25 \text{ N. m} = 737.88 \text{ lb. in}$$

Estimación del límite de resistencia a la fatiga [Sf']

Se efectúa la obtención y recopilación de factores aplicables dentro de la estimación de la resistencia a la fatiga como se muestra a continuación

Tabla 38

Factores para el Diseño de Eje

Ítem	Descripción	Ubicación
Tipo de Material	SAE1045 laminado en frío Sf '=0.5 6 ut	Anexo A. (Figura 1 Resistencia a la fatiga de algunos materiales.)



	$S_f' = 100 \text{ ksi (700MPa)}$	
Factor de carga	1	Anexo A. (Figura 2 Factor de carga)
Factor dimensional	0.97	Anexo A. (Figura 3 Factor dimensional)
Factor superficial	1	Anexo A. (Figura 4 Factor superficial)
Factor de temperatura	1	Anexo A. (Figura 5 Factor de temperatura)
Factor de confiabilidad	$\% = 0.814-99$	Anexo A. (Figura 6 Factor de confiabilidad)
Límite de la fluencia	$\sigma_y = 77 \text{ ksi} = 531 \text{ Mpa}$	Anexo A. (Figura 4 Límite de la fluencia)
Limite Max de ruptura	$\sigma_{\max} = 91 \text{ ksi} = 627 \text{ Mpa}$	Anexo A. (Figura 4 Limite Max de ruptura)
Dureza Brinell	179 HB	Anexo A. (Figura 4 Dureza Brinell)
Concentración de esfuerzos	Cuñero deslizable=1.6	Anexo A. (Figura 7 factor de concentración de esfuerzos)

Nota. Se utiliza el método de flexión totalmente alternante con torsión uniforme para el diseño de ejes de transmisión, adaptado de (*Esp. ing. Arteaga Noguera, 2018*)

Para calcular la resistencia a la fatiga se usa la siguiente expresión

$$S_f' = \sigma_{ut} \cdot \sigma_{\max}$$

Reemplazo de valores

$$S_f' = 0.5 \times 91 \text{ kpsi}$$

$$S_f' = 45,5 \text{ kpsi}$$

Se aplica la siguiente expresión para calcular la Resistencia a la fatiga corregida

$$sf = C_{\text{carga}} C_{\text{tamaño}} C_{\text{superficie}} C_{\text{temp}} C_{\text{confiabilidad}} S_f'$$



Reemplazo de valores

$$sf = 1 \times 0.869 \times 1 \times 1 \times 0.814 \times 45.5 \text{ kpsi} = 32.185 \text{ kpsi}$$

Tabla 39

Síntesis de factores necesarios para calcular el diámetro mínimo del eje.

Sección	Nf	Kf	Mb(lb.in)	Sf(ksi)	sf'(ksi)
Eje 2	2	1.6	737.88 lb.in	32185	77000

Nota, se recopilan los valores del apartado anterior para aplicar en la **ecuación 5**

Ecuación 5 Diámetro mínimo del eje

$$D_m = \left[\left(\frac{32Nf}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{K_f M_b}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{s_f'} \right)^2} \right]^{1/3}$$

Donde,

D_m = diámetro de la sección del eje

N_f = Factor de seguridad deseado

K_f = Factor de concentración de esfuerzos a la fatiga

M_a = Momento alternante

S_f = Resistencia a la fatiga corregida

T_m = Torque medio

S_f' = Resistencia a la fluencia

Se reemplaza valores

$$D_m = \left[\left(\frac{(32 \times 2)}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{(1.6)(737.88 \text{ lb. in})^2}{32185 \text{ kpsi}} + \frac{3}{4} \left(\frac{50.58 \text{ lb. in}}{77000} \right)^2} \right)^{1/3}$$

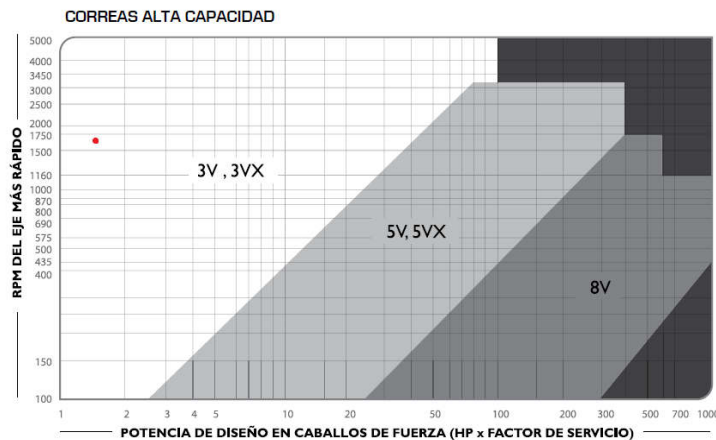
$$D_m = 0.864 \text{ in} = 21.94 \text{ mm} \approx 24.5 \text{ mm}$$

8.1.5 Elección de tipo de correa.

Se intercepta los ejes “potencia de diseño” con” rpm eje más rápido “

Figura 16

Selección del Perfil de la Correa



Nota. Para facilitar la elección de poleas comerciales el comerciante de estos componentes ha creado un método para la elección de las poleas dentro de su catálogo. Tomado de (*Intermec, 2020*) (p 26)

Se emplea el siguiente tipo de banda

Figura 17

Tipo de Banda

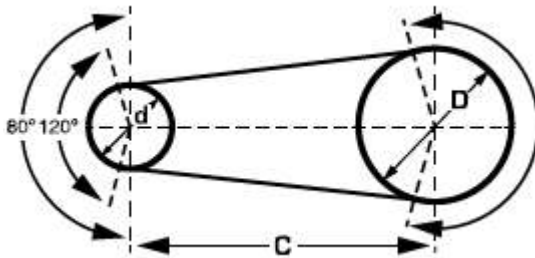


Nota. tomado de (Intermec, 2020)

Distancia entre centros de los Ejes.

Figura 18

Distancia entre Centros de ejes



C= Distancia entre centros.

D= Diámetro polea mayor

d= Diámetro polea menor

Aplicamos la siguiente expresión matemática para encontrar la distancia entre centros del eje 1

Distancia Recomendada

$$C = 1.5(D + d)$$

$$C = 1.5(254mm + 50.8 mm)$$

$$C = 457.2 mm$$



Con la siguiente expresión calculamos la (**Distancia Máxima**)

$$C = 2(D + d)$$

Reemplazo de valores

$$C = 2(254 \text{ mm} + 50.8 \text{ mm})$$

$$C = 609.6 \text{ mm}$$

Con la siguiente expresión calculamos la (**Distancia Mínima**)

$$C = 0.7(D + d)$$

Reemplazo de valores

$$C = 0.7(254 \text{ mm} + 50.8 \text{ mm})$$

$$C = 213.36 \text{ mm}$$

Longitud de correa para Rt.1

Para calcular la longitud de las correas se aplica la siguiente fórmula para encontrar la longitud de la correa de transmisión de potencia.

$$Lp = 2(c) + 1.57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

$$Lp = 2(457.2 \text{ mm}) + 1.57(254 \text{ mm} + 50.8 \text{ mm}) + \frac{(254 \text{ mm} + 50.8 \text{ mm})^2}{4(457.2 \text{ mm})}$$

$$Lp = 1443.736 \text{ mm} \approx 56.84 \text{ in}$$

Distancias de centros del eje 2



Distancia Recomendada

$$C = 1.5(D + d)$$

$$C = 1.5(152.4\text{mm} + 50.8\text{mm})$$

$$C = 304.8\text{mm}$$

Distancia Máxima

$$C = 2(D + d)$$

$$C = 2(152.4\text{mm} + 50.8\text{mm})$$

$$C = 406.4\text{mm}$$

Distancia Mínima

$$C = 0.7(D + d)$$

$$C = 0.7(152.4\text{mm} + 50.8\text{mm})$$

$$C = 142.24\text{mm}$$

Longitud de correa para Rt.2

Para calcular la longitud de las correas se aplica la siguiente fórmula para encontrar la longitud de la correa de transmisión de potencia.

$$Lp = 2(c) + 1.57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

$$Lp = 2(304.8\text{mm}) + 1.57(152.4\text{mm} + 50.8\text{mm}) + \frac{(152.4\text{mm} + 50.8\text{mm})^2}{4(304.8\text{mm})}$$

$$Lp = 962.49\text{mm} = 37.89\text{in}$$



8.1.6 Mezcladora.

Los respectivos cálculos para la transmisión de potencia y cambio de dirección del movimiento los realizó el programa de simulación Autodesk Inventor con la entrada de los siguientes datos.

Tabla 40

Parámetros de Entrada Diseño de Piñones Biselados

Ítem	Descripción
Material	Acero ASTM A510 / 1060
Ángulo de presión tangencial	20 gr
Ángulo del eje	90 gr
Coefficiente de contacto	0.05 – 1 mm
Número de dientes engranaje 1	19
Número de dientes engranaje 2	33
Altura de cabeza del diente	$a^* = 1.00$
Potencia entrada	$P = 1.5$ hp
Velocidad entrada	360.00 rpm
Factor de sobrecarga	$K_o = 1.2$

Nota. El programa de simulación Autodesk Inventor recopila la información suministrada y realiza los cálculos dimensionales dentro de su programación.

Figura 19

Resumen de Cálculos Piñones Biselados 1

Engranajes

		Engranaje 1	Engranaje 2
Tipo de modelo		Componente	Componente
Número de dientes	z	19,000 su	33,000 su
Corrección unitaria	x	0,000 su	-0,0000 su
Desplazamiento tangencial	x_t	0,0000 su	-0,0000 su
Diámetro de separación en el extremo	d_e	1,900 in	3,300 in
Diámetro de separación en plano medio	d_m	1,562 in	2,713 in
Diámetro exterior en extremo	d_{ae}	2,073 in	3,400 in
Diámetro exterior en el extremo pequeño	d_{ai}	1,336 in	2,191 in
Diámetro raíz en el extremo	d_{fe}	1,692 in	3,180 in
Distancia al vértice	A_e	1,600 in	0,863 in
Distancia al vértice en el extremo pequeño	A_i	1,031 in	0,556 in
Ángulo de cono de separación	δ	29,9315 gr	60,0685 gr
Ángulo de cono exterior	δ_a	32,9381 gr	63,0750 gr
Ángulo de cono raíz	δ_f	26,3251 gr	56,4621 gr
Anchura de cara	b	0,677 in	
Coefficiente de anchura de cara	b_r	0,3557 su	
Altura de cabeza del diente	a^*	1,0000 su	1,0000 su
Juego	c^*	0,2000 su	0,2000 su
Empalme raíz	r_f^*	0,3000 su	0,3000 su
Profundidad total de diente	h_e	0,220 in	0,220 in

Nota. Los datos expresados en la figura determinan el dimensionamiento del conjunto de piñones biselados para una velocidad y potencia específica que fue suministrada por el diseño en cuestión, permitiendo la fabricación de estos

Figura 20

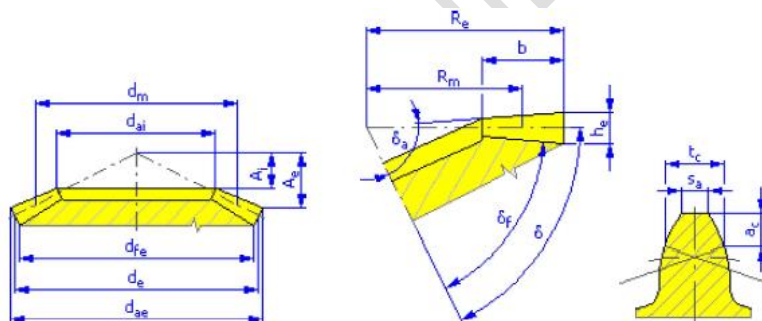
Resumen de Cálculos Piñones Biselados 2

Grosor de diente en el extremo	s_e	0,157 in	0,157 in
Grosor de diente sobre cuerda	t_c	0,139 in	0,139 in
Altura de cabeza de diente sobre cuerda	a_c	0,075 in	0,075 in
Desviación límite del ángulo de hélice	F_β	0,00039 in	0,00043 in
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0,00067 in	0,00083 in
Desviación límite de la separación axial	f_{pt}	0,00030 in	0,00033 in
Desviación límite de la separación básica	f_{pb}	0,00028 in	0,00031 in
Número de dientes equivalente	z_v	21,924 su	66,137 su
Diámetro de separación equivalente	d_v	1,803 in	5,438 in
Diámetro exterior equivalente	d_{va}	1,967 in	5,602 in
Diámetro de círculo base equivalente	d_{vb}	1,694 in	5,110 in
Corrección unitaria sin conicidad	x_z	0,3802 su	-0,9684 su
Corrección unitaria sin entalladura	x_p	-0,2797 su	-2,8657 su
Corrección unitaria con entalladura admitida	x_d	-0,4468 su	-3,0328 su
Truncamiento cabeza diente	k	0,0000 su	0,0000 su
Unidad de grosor del diente exterior	s_a	0,7056 su	0,7905 su

Nota. (Esta investigación, 2023)

Figura 21

Reporte Dimensional de los Piñones Biselados



Nota. Se concluye que el programa no detectó fallos en la iteración de los datos por lo tanto es posible tomar como referencia para la fabricación de los mismos, para ampliar la información ver;

Anexo B

8.1.7 Tamiz Oscilante.

Los respectivos cálculos de diseño de leva seguidor se realizan en el programa de simulación Autodesk Inventor con la entrada de los siguientes datos.

Tabla 41

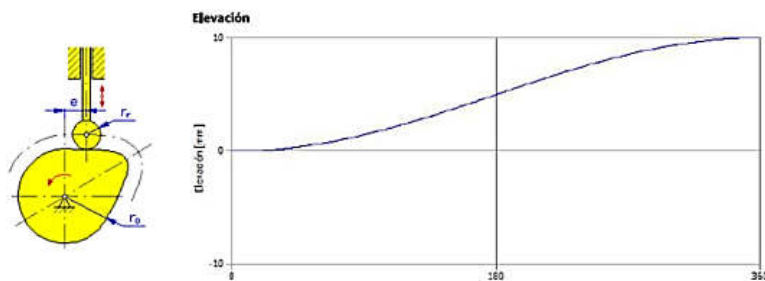
Parámetros de Entrada Diseño de Leva Seguidor

Ítem	Descripción
Elevación final	10 mm
Elevación mínima	0 mm
Posición final del movimiento	360 gr
Posición inicial del movimiento	0 gr
Radio del rodillo	12 mm
Ancho del rodillo	12 mm
Radio de la leva	25 mm
Ancho de la leva	12 mm
Tipo de movimiento	Armónico sinusoidal

Nota. El programa de simulación Autodesk Inventor recopila la información suministrada puesto que tiene un entorno dedicado para el desarrollo de levas.

Figura 22

Diagrama de Movimiento Armónico Sinusoidal



Nota. La figura ilustra la relación entre el desplazamiento y los grados de giro ilustrando una trayectoria de subida sin detenciones, cumpliendo las características del movimiento armónico donde su aceleración es nula al inicio y al final del ciclo, por lo tanto, nos permite obtener un movimiento cíclico con un desplazamiento definido.

Figura 23

Resumen de Cálculo Leva Seguidor

Resultados

Elevación máx.	$h_{m\acute{a}x}$	10,000 mm
Elevación mín.	$h_{m\acute{i}n}$	0,000 mm
Velocidad máx.	$v_{m\acute{a}x}$	0,094 mps
Velocidad mín.	$v_{m\acute{i}n}$	0,000 mps
Ángulo de presión máx.	$\gamma_{m\acute{a}x}$	3,43 gr
Ángulo de presión mín.	$\gamma_{m\acute{i}n}$	0,00 gr
Aceleración máx.	$a_{m\acute{a}x}$	1,777 m/s ²
Aceleración mín.	$a_{m\acute{i}n}$	-1,777 m/s ²
Impulso máx.	$\dot{j}_{m\acute{a}x}$	0,000 m/s ³
Impulso mín.	$\dot{j}_{m\acute{i}n}$	-33,487 m/s ³
Fuerza de seguidor máx.	$F_{m\acute{a}x}$	5,018 N
Fuerza de seguidor mín.	$F_{m\acute{i}n}$	4,982 N
Fuerza normal máx.	$F_n_{m\acute{a}x}$	5,018 N
Fuerza normal mín.	$F_n_{m\acute{i}n}$	4,982 N
Par de torsión máx.	$T_{m\acute{a}x}$	0,009 N m
Radio de curvatura mín. (+)	$R_{c_{m\acute{i}n}}$	-30,000 mm
Radio de curvatura mín. (-)	$R_{c_{m\acute{i}n2}}$	-30,016 mm

Nota. Se concluye que el programa no detectó fallos en la iteración de los datos y es posible tomar como referencia para la fabricación de los mismos, ampliar información ver. **Anexo C**

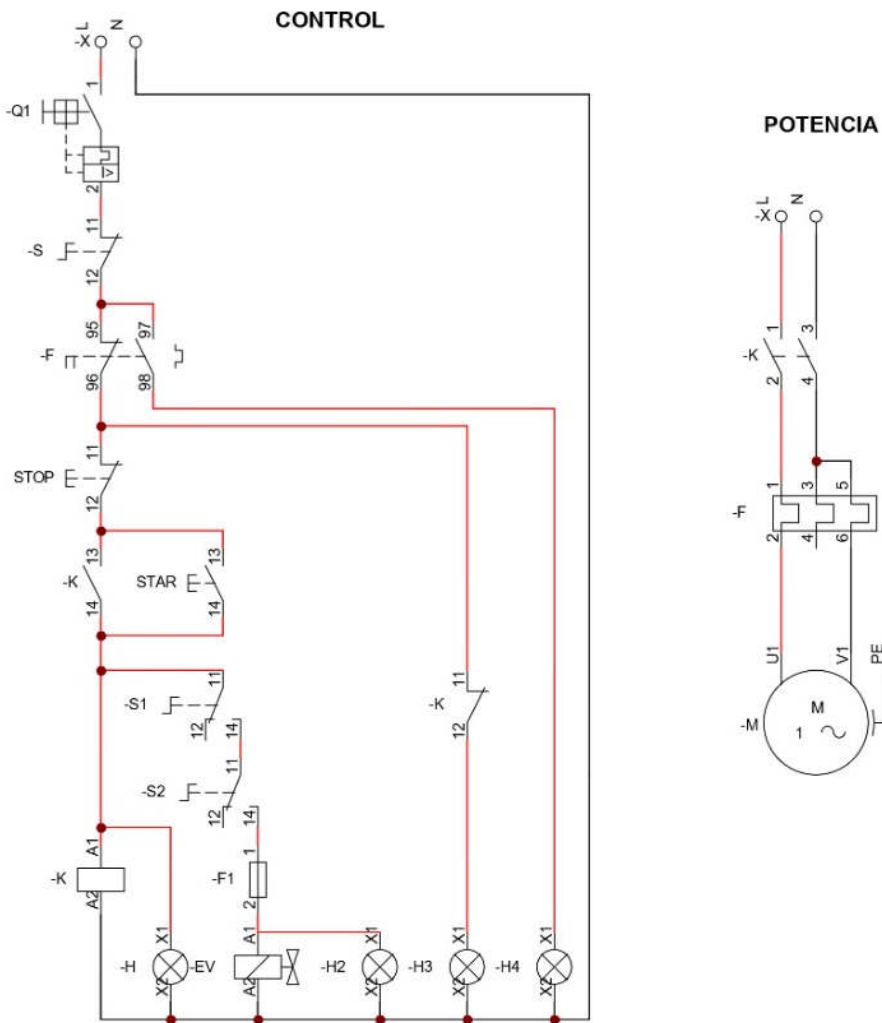
8.1.8 Esquema Eléctrico del Prototipo.

Para determinar la posición relativa de los diferentes elementos que conforman el prototipo, se empleó un simulador de control eléctrico (Cade Simu v4.0) el cual permite realizar análisis de

fallas entre otros, permitiendo la interpretación e instalación correcta de los componentes físicos tanto para el circuito de control como el de potencia. (CADe SIMU, 2022).

Figura 24

Diagrama Eléctrico



Nota. La figura ilustra la ubicación relativa de los componentes eléctricos del prototipo siendo estos los que permitirán mantener bajo control el prototipo en cuestión



Tabla 42

Descripción de Componentes del Diagrama Eléctrico

Símbolo	Descripción
-L	Línea de alimentación
-N	Línea neutra
-Q1	Fusible termo magnético
-S	Pulsador NC parada de emergencia
STAR	Pulsador NO inicio de operación
STOP	Pulsador NC fin de operación
-S1	Pulsador de encendido electroválvula
-S2	Pulsador (On-off) electroválvula
-F1	Fusible electroválvula (15A)
-EV	Bobina electroválvula
-F	Fusible termoelectrónico
-k	Contactador eléctrico
-M	Motor monofásico
PE	Tierra física
-H	Piloto eléctrico color verde
-H2	Piloto eléctrico color azul
-H3	Piloto eléctrico color rojo
-H4	Piloto eléctrico color ámbar

Nota. para el correcto análisis del diagrama eléctrico se debe conocer los símbolos de cada componente y su respectivo significado, de tal forma que sea fácil la interpretación de este.

8.2 Elementos Normalizados.

Se indica en la siguiente tabla los elementos de uso comercial para maquinaria y herramientas, que engloban una gran variedad de productos industriales ajustados a los estándares



normalizados en las normas DIN / ISO, lo que evita la fabricación de dichos componentes a medida.

Tabla 43

Resumen de Elementos Normalizados

Nombre	Descripción
Molino	Marca Corona: Ref. L14200
Perno hexagonal - UNC (Rosca regular)	ASME B18.2.1 - 3/8-16 UNC
Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B	ASME B18.22.1 - 3/8 - Anchura - Tipo B
Tuerca cabeza hexagonal	ASME B18.2.2 - 3/8 - 16, HTNI
Contactador eléctrico	25A110V Referencia: LC1 D12P7
Pulsador NO	CHINT Ref. NP2-BA31
Pulsador NC	CHINT Ref. NP2-BB41
Piloto luminoso	Schneider IP65 Ref. XB4
Reten de goma	Ref. 20 x 5.5 x 12
Cableado	Cable cobre aislado No. 10 AWG
Cableado	Cable multifilar de cobre No.18 AWG

Nota. En la tabla se mencionan los componentes que se deben adquirir por medios comerciales puesto que el diseño a medida de estos comprende un esfuerzo adicional al diseño del prototipo

8.3 Resumen de Diseño.

Se describe los elementos que darán forma al prototipo a ser fabricado con el fin de cumplir los requisitos mecánicos y de control eléctrico, de tal forma que pueda cumplir el objetivo para lo que fue ideado.

Tabla 44

Resumen de Diseño del Prototipo

Ítem	Descripción
Polea conductora:	Referencia PQ 1-3V 66; Ref. buje JA; Modelo T1; Cuñero estándar
Polea conductora	Referencia PQ 1-3V 114 Ref. buje SK; Modelo T3. Cuñero estándar
Polea conducida	Referencia PQ 1-3V 361; Ref. buje SK; Modelo T3; Cuñero estándar
Polea conducida	Referencia PQ 1-3V 73; Ref. buje JA; Modelo T1; Cuñero estándar
Longitud de banda 1	1443.736 mm = 56.84 in
Longitud de banda 2	962.49 mm = 37.89 in
Tipo de banda	Modelo 3v; 3/8 x 5/16
Diámetro de ejes	25mm
Material del eje	SAE1045 laminado en frío
Rodamientos	Rodamientos base pie SKF SLN 502
Tipo de motor	Monofásico de 1.5hp
Lamina acero	Acero Inoxidable 304L
Perfil estructural	Perfil cuadrado Iso 10799-2. 25 x 25 x 2mm
Lamina acero	Acero rolado en caliente ASTM A36.
Control eléctrico	Contactador y fusible termoelectrico Schneider

Nota. En la tabla se mencionan los elementos y materiales adecuados que se deben adquirir para cumplir el propósito previsto y lograr los objetivos de diseño.

Análisis de resultados

A continuación, se explora y observa el proceso de fabricación y perfeccionamiento del prototipo construido para comprender las funciones y métodos discutidos en este estudio.

Proceso de construcción.

En este apartado se procede a observar el proceso de construcción del prototipo en cuestión con el objeto de refutar su funcionalidad. Con forme a ello, se inicia con la compra de los materiales directos e indirectos mencionados en el apartado del presupuesto

Continuando con el corte de los perfiles estructurales

Figura 25

Corte de Perfiles Estructurales



Nota. (Esta investigación, 2023)

Se continua con el proceso de soldadura y se realizan las perforaciones necesarias para la unión por tornillos de los elementos improprios a la estructura.

Figura 26

Proceso de Soldadura de Perfiles Estructurales



Nota. (Esta investigación, 2023)

Con el uso del torno se procede a realizar el maquinado de los ejes a las medidas establecidas como se muestra a continuación

Figura 27

Maquinado de Ejes Mediante el Torno



Nota. (Esta investigación, 2023)

A medida que se construye es necesario ir ensamblando algunas piezas que sirven como referente para la alineación de otras, realizando una pre instalación antes de continuar con el armado de otros componentes

Se procede al cote y plegado de las piezas que conformaran el recubrimiento de la estructura como se indica a continuación

Figura 28

Corte y Plegado de las Piezas



Nota (Esta investigación, 2023)

Con el diseño del esquema eléctrico diseñado anterior mente se procede al Ensamble de componentes eléctricos

Figura 29

Ensamble de Componentes Eléctricos



Nota. (Esta investigación, 2023)

Final mente se procede a poner en operación y a realizar pruebas

Figura 30

Prueba de funcionamiento



Nota. (Esta investigación, 2023)



Análisis de eficiencia energética del prototipo.

Con el estudio y desarrollo del proyecto se pudo analizar de manera conjunta y comparativa el proceso de transformación de la materia prima de forma artesanal y con la intervención mecánica del prototipo

Tabla 45

Consumo Energético del Prototipo

Tiempo de producción		Costo consumo energético
horas	1	\$ 913
Día	1	\$ 7.304
Mes	30	\$ 219.120

Nota. Se realiza el cálculo del consumo energético con un valor de 780 pesos colombianos el Kwh, con una carga laboral de 8h día

Tabla 46

Costo de Producción

Ítem	Persona	Prototipo
Tiempo de elaboración 35 kg /día	8 horas	12 minutos
Costo de producción 35 kg /día	\$ 43.600	\$ 1.815
Costo de producto final por unidad Kg	1.245	\$0.051

Nota. El cálculo de costo de producción se realizó con el valor de la materia prima más los costos de mano de obra equivalente al salario mínimo actual vigente

Tabla 47

Rendimiento de Producción

Ítem	Ingresas	sale
Materia prima (maíz fermentado)	1 kg	860 g
Agua	1000 ml	830 ml
Pericarpio	Sin definir	51 g

Nota. Se recopila información inicial para analizar el alcance de lo que se está produciendo, de modo que se puedan hacer estimaciones y se pueda monitorear lo que se está produciendo.

Figura 31

Resultado de Prueba de Rendimiento de Producción



Nota. (Esta investigación, 2023)

Discusión

Esta investigación tuvo como propósito el diseño y fabricación de un prototipo de máquina que pueda mejorar la capacidad de producción, disminuir costo de mano de obra y lo más importante aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera formativa. Además, se



identifica y recopila el método artesanal para la producción de masa de maíz fermentado logrando replicar con éxito el proceso por medio de prototipo en cuestión así obteniendo un producto de calidad que puede suministrar en el mercado local y regional.

A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

Las plantas de procesamiento de nixtamal y la facilidad de producir la masa hacen de la producción de maíz añejo un proceso poco práctico para la producción a gran escala, por lo tanto, la información bibliográfica de algunos autores solo plantea que este es un producto característico de la cocina tradicional y no se logró evidenciar maquinaria aplicada a la producción de este tipo de producto.

La información suministrada por el usuario que requiere el prototipo fue de gran importancia en la investigación, con los datos obtenidos y las limitaciones de diseño planteadas se logró intervenir mecánicamente 3 procesos de los 5 necesarios para que funcione como una línea de producción completa que pueda ser maniobrada por un solo operario.

Conforme a ello es necesario cambiar el sistema de decantación por gravedad a un sistema centrífugo que disminuya el tiempo de separación del almidón con el agua, además es necesario diseñar un sistema de cocción para la fécula de tal forma que se logre en efecto entregar un producto terminado y listo para su distribución

Siguiendo con ese razonamiento se plantea otra mejora al prototipo ya fabricado, uno de ellos es un sistema de acople y desacople del proceso de molido, ya que cuando la máquina está en funcionamiento la activación y desactivación de los procesos se inicia en simultaneo, al analizar esto podemos deducir que al terminarse la materia prima en el molino este seguirá operando aun sin carga generando fricción entre los discos de metal, esta situación puede convertirse fácil mente



en un problema perjudicial para el buen funcionamiento del prototipo y puede llegar a contaminar la materia prima.

El uso de software de diseño fue una herramienta indispensable para la pre visualización de los componentes a fabricar dentro de su entorno simulado, esto permitió decidir la ubicación y la forma más adecuada para que el ensamble, recambio de piezas y su manteniendo sea de fácil acceso para el operario. Aunque el software determina su buen funcionamiento, es la experiencia del diseñador y fabricante el que logra tomar este tipo de decisiones y velar por las más adecuadas y que se pueden aplicar.

En la fabricación del prototipo no fue posible visualizar ni analizar otro tipo de acoplamiento no rígido, ya que, durante las pruebas de funcionamiento, se evidencio que se producían vibraciones y desviación en el eje del tornillo sin fin, a su vez fricción excesiva en algunas partes del disco.

La máquina en cuestión tiene una restricción de diseño de tipo económico y no puede superar los nueve millones de pesos por lo que se decide usar acero inoxidable 304L solo para las piezas que entran en contacto con la materia prima para garantizar su inocuidad. Lo que significa que el resto de componentes estarán expuestos a la corrosión a la hora de la limpieza con agentes desinfectantes, agua y a la humedad relativa del lugar de trabajo.

Recomendaciones

De los resultados obtenidos en el proceso de fabricación, se han suministrado claramente algunas posibles mejoras y correcciones que se puedan aplicar a la misma para garantizar una máquina funcional y completamente operativa, que minimice las posibles fallas mecánicas y de igual manera mejore la seguridad del operador, a continuación, se mencionan algunas de ellas.



Agregar un sensor de nivel de agua, se identificó en el proceso de mezclado un riesgo inminente de sobrepasar el volumen calculado del recipiente, si el operador no se encuentra alerta de este cuando el equipo está en funcionamiento

En el proceso de decantación, se puede recomendar la sustitución de este mismo por un decantador centrífugo que permitirá acelerar la separación del agua y el almidón.

De igual manera es posible renovar el diseño planteado con un enfoque ergonómico para el operario a la hora de levantar y transportar cargas.

En la puesta en marcha del equipo fue posible identificar que el ingreso de la materia prima no permite que el operario supervise los otros procesos, para ello se permite recomendar aumentar la capacidad volumétrica de la tolva o mejorar el diseño implementando un sistema que ingrese la materia prima de forma automática.

El uso de agentes desinfectantes en la limpieza degrada la pintura del prototipo, si se desea cumplir con todas las normas de seguridad alimentaria se debe fabricar en su totalidad en acero inoxidable 308L con el fin de minimizar la creación de capas de óxido, prolongando la vida útil de equipo, la inocuidad de producto y la limpieza general del sitio de trabajo.

Se recomienda implementar un acoplamiento no rígido entre el eje superior del equipo y el tornillo sin fin del molino, minimizando las vibraciones y desgaste prematuro de los discos de fricción encargados de pulverizar la materia prima.

Conclusiones

De esta investigación se determina que la información presentada a lo largo de su desarrollo permitió la manufactura de un prototipo funcional capaz de procesar la fécula de maíz añejo, brindando solución a la problemática mencionada, disminuyendo la carga laboral del fabricante de este producto, incrementando la producción sin alterar las características del producto existente,



logrando impulsar su competencia en un mercado más amplio, permitiendo mejorar la calidad de vida del pequeño empresario.

Avanzando en la investigación, se estipula que las pruebas de campo fueron clave para la verificación de la ruptura del grano de maíz húmedo, puesto que las diversas fuentes consultadas no indican con exactitud este valor, sin embargo, mencionan que los granos de maíz alcanzaban mayor elongación y plasticidad cuanto mayor sea su grado de hidratación, por lo cual se decide realizar pruebas de ensayo para ratificar y reajustar los cálculos para alcanzar la potencia requerida en el diseño del proceso de molido.

No obstante, la obtención de datos por parte de los simuladores mecánicos 3D, permiten corroborar cálculos y la relación que existe entre sus piezas, agilizando de este modo el proceso de fabricación de los componentes mecánicos clave del prototipo. De tal manera, que se cumple con todas las especificaciones de diseño y requerimientos funcionales.

Con lo anterior mencionado, fue de igual importancia cumplir con la norma de seguridad alimentaria para garantizar inocuidad en el producto final, conforme a ello se decide incorporar acero inoxidable en los elementos que están en contacto con los alimentos, además la integración de un filtro de carbón activado que sirve como barrera contra patógenos nocivos para la salud que pueda contener el agua a la hora de ingresar al prototipo.

Una vez terminada la fabricación y puesta en marcha se procede a elaborar el manual de operación, para garantizar que el prototipo funcione correctamente y explican claramente las normas de manipulación, eléctrica y de seguridad del operador. También incluye un despiece de los componentes y la respectiva lista de repuestos para ayudar a extender la vida útil del prototipo.



Referencias

- Agudo Toscano, J. (Julio de 2016). *Pioneros de la Microbiología: Louis Pasteur*. Universidad de Sevilla. Recuperado el 2020, de Pioneros de la Microbiología: Louis Pasteur: <https://lc.cx/fZWkB->
- Alcaldía de Sibundoy. (12 de 08 de 2018). *Nuestro Municipio*. Obtenido de Alcaldía de Sibundoy: <https://lc.cx/kT8Y6I>
- Andrade Naranjo , j., Torres Cabezas, D., & Mejía Cabezas , E. (2018). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <https://lc.cx/Vp36II>
- ANDRITZ HYDRO Ltda. (15 de MARZO de 2020). *VIRTUAL EXPO GROUP*. Obtenido de Centrífugadora de proceso HZ series: <https://acortar.link/7rCibQ>
- Anonimo. (10 de 06 de 2022). *Tronco de cono*. Obtenido de Calculo.cc: <https://lc.cx/REitZo>
- ÁREVALO MORAGA, C. N. (ENERO de 2021). *Operaciones unitarias 1*. Obtenido de PROPUESTA DE DISEÑO DE UN EQUIPO DE MOLIENDA DE CASCARILLA DE AVENA, APLICADO A LA INDUSTRIA RECICLADORA DE ALIMENTOS EN FORMATO DE MASAS: https://lc.cx/_EY7df
- Assennato, M. D. (2022). *www.fao.org*. Obtenido de Anexo 2. Características Físicas de los Productos Agrícolas Sólidos: <https://www.fao.org/3/x5041s/x5041S09.htm>
- BAHCO. (2019). *Herramientas dinamométricas*. Recuperado el 2022, de <https://media.bahco.com/media/media-download/catalogue/CATALOGO%20DINAMOMETR%C3%8DA%202019.pdf>



- Brennan, J. G. (1998). Capítulo 2. En J. G. Brennan, *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos* (J. B. González, Trad.). Acibia, Editorial, S.A., 1998. Obtenido de <https://docplayer.es/55233666-Capitulo-2-molinos-para-granos-secos.html>
- CADe SIMU. (2022). *cade-simu*. Obtenido de cade-simu.com: <https://cade-simu.com/>
- Calvo, M. (17 de 02 de 2020). *Unizar.es*. Obtenido de ESTRUCTURA DEL ALMIDON: <https://lc.cx/Rz1Zja>
- CONICET - UNS. (9 de mayo de 2020). *Bahía Blanca*. Obtenido de Capítulo 11. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS: <https://lc.cx/jXYRJ2>
- CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE NARIÑO. (14 de septiembre de 2019). *PORTAL SIDAIE*. Obtenido de <https://lc.cx/RmcIW7>
- EL CONGRESO DE COLOMBIA. (24 de enero de 1979). *Diario Oficial No. 35308, del 16 de julio de 1979*. Obtenido de LEY 9 DE 1979: <https://lc.cx/ts6354>
- EL CONGRESO DE COLOMBIA. (15 de octubre de 1986). *LEY 51 DE 1986*. Obtenido de FUNCION PUBLICA: <https://lc.cx/ixWuNR>
- enColombia. (26 de Febrero de 2018). *Departamento del Putumayo*. Obtenido de <https://lc.cx/m-iQE3>
- Esp. ing. Arteaga Noguera, L. E. (2018). *Diseño de ejes*. Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, San Juan de pasto. Obtenido de Diseño de Maquinas.
- Esp.ing. Arteaga Noguera, L. E. (2018). *Diseño Conceptual*. Interpretativo, CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE NARIÑO, Nariño, Pasto. Recuperado el 2020
- Esta investigación. (2023).
- Exhibir Equipos. (2020). *Equipos y Utensilios para Panaderia y Restaurante*. Obtenido de <https://lc.cx/JEKrf5>



- Gobernación del Putumayo. (2019). *ANÁLISIS CARTOGRAFICO DEL POSCONFLICTO EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO*. Obtenido de PROGRAMA DE VICTIMAS : <https://lc.cx/UGMWwu>
- Gómez Velásquez, R. H. (2022). *Estudio Económico Departamento del Putumayo - Vigencia 2021*. Putumayo, Puerto Asis. Obtenido de <https://lc.cx/9EY2D8>
- Google. (11 de Octubre de 2023). *Google Earth*. Obtenido de <https://lc.cx/Dn5fTY>
- Google. (25 de Septiembre de 2023). *Google Maps*. Obtenido de <https://lc.cx/gxWuaO>
- Ingemecánica. (2020). *Cálculo de Transportadores de Tornillo sin Fin*. Obtenido de <https://lc.cx/vkRslv>
- Ingeniería Metalmecánica Alimenticia S.A.S. (11 de abril de 2019). Obtenido de Línea Cocción y Laboratorio: <https://www.ingenieriaima.com.co/producto/autoclave-de-laboratorio/>
- Intermec. (2020). *PRODUCTOS MECÁNICOS PARA TRASMISIÓN DE POTENCIA*. Obtenido de Manual Técnico de Poleas en V: <https://lc.cx/YZ9zgS>
- MAX MIXER CO., LIMITED. (20 de MARZO de 2020). *Mezclador Industrial Vertical Nauta Para Polvo Seco*. Obtenido de <https://acortar.link/TuSptA>
- NAVATEC. (11 de Marzo de 2020). *NAVATEC maquinaria y equipos para la industria de la masa*. Obtenido de <https://www.nixtamalmx.com/index.html>
- Olguín, C. N., Cansino, N. d., Moreno, E. R., Ariza Ortega , J. A., Camacho Bernal, G. I., & Cervantes Elizarrarás, A. (2021). El Maíz y la Nixtamalización: Modificación de sus Componentes, técnicas de Proceso y Enriquecimiento de Tortilla. *Salud y Educación, 10*, 205-213. Obtenido de <https://lc.cx/cG7jep>
- Régimen legal de Bogota D.C. (23 de diciembre de 2018). *DECRETO 3075 DE 1997 Nivel Nacional*. Obtenido de <https://lc.cx/0bqF8q>



Solíz, V. S. (25 de septiembre de 2021). *Fermentaciones Industriales*. Obtenido de Studocu.com:
<https://lc.cx/4DrmXb>

Tobón Gómez , M. A., Henao, K. Y., & Aristizabal Zuluaga, L. (2020). *CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE DIEZ VARIEDADES DE MAÍZ Y VARIOS USOS CULINARIOS EN LA COCINA TRADICIONAL DE AMÉRICA: REVISIÓN DOCUMENTAL*. Obtenido de repositorio.uco.edu.co: <https://lc.cx/nK1p6e>

TORO EQUIPMENT S.L. (2020). *DEFENDER®, TAMICES ROTATIVOS INOXIDABLES*. Recuperado el 16 de marzo de 2020, de <https://lc.cx/MkrNO0>

Vanegas Useche, L. V. (2018). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda. Pereira: UTP. Obtenido de <https://lc.cx/PEo7-b>

vibrosievingmachine. (12 de JULIO de 2019). *TAMIZADORA EVERSUN VIBRO*. Obtenido de <https://www.vibrosievingmachine.com/es/products/vibro-sifter-machine/>

Villaseñor Perea, C. A., Ramírez Jaspeado, A., Mancera Rico, A., & Venegas Ordoñez, M. d. (20 de Febreo de 2017). RESISTENCIA DE SEMILLAS DEL HÍBRIDO DE MAÍZ HS-2 A COMPRESIÓN AXIAL. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 27-33. Obtenido de <https://lc.cx/0iMcSU>

WEG. (28 de 02 de 2022). *motor electrico monofasico catalogo comercial mercado latinoamericano*. Obtenido de https://lc.cx/D_eYcc



Anexos

Anexos A

Figuras Referentes al Cálculo de Potencia en Ejes

Anexos B

Reporte Completo de Cálculo de Piñones Biselados

Anexos C

Reporte Completo de Cálculo de Diseño de Leva Seguidor

Anexos D

Manual de Instrucciones

Anexos E

Muestra Fotográfica del Proceso de Fabricación del Prototipo

Anexos F

Planos del Prototipo

PROHIBIDA SU COPIA