



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLINO DOSIFICADOR PARA PROCESAR 40
KG/H DE PASTA DE MAÍZ EN LA ASOCIACIÓN “ALIMENTANDO CON
SABIDURÍA-ASOSERALASAB”, UBICADA EN LA PARROQUIA IMANTAG
PERTENECIENTE AL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera Mecánica

AUTOR: MARÍA BELÉN TAMBACO GUEVARA

TUTOR: MILTON SALOMÓN JAMI LEMA

Quito – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Belén Tambaco Guevara con documento de identificación N.º 1003321047 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente,



.....
María Belén Tambaco Guevara
1003321047

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

Yo, María Belén Tambaco Guevara con documento de identificación N° 1003321047, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Diseño y simulación de un molino dosificador para procesar 40 kg/h de pasta de maíz en la asociación “Alimentando con Sabiduría - ASESORALASAB”, ubicada en la parroquia Imantag perteneciente al cantón Cotacachi provincia de Imbabura”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Mecánica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente,



María Belén Tambaco Guevara

1003321047

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Salomón Jami Lema con documento de identificación N° 1707254171, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi autoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLINO DOSIFICADOR PARA PROCESAR 40 KG/H DE PASTA DE MAÍZ EN LA ASOCIACIÓN “ALIMENTANDO CON SABIDURÍA-ASOSERALASAB”, UBICADA EN LA PARROQUIA IMANTAG PERTENECIENTE AL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA”, realizado por María Belén Tambaco Guevara con documento de identificación N.º 1003321047, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de marzo de 2023

Atentamente,



Ing. Milton Salomón Jami Lema, M.Sc.

1707254171

DEDICATORIA

Me complace dedicar mi trabajo de titulación a mi madre, quien desde pequeña me ayudo en mi formación académica, me educo para enfrentar las circunstancias de la vida con ejemplo de constancia y trabajo. Aquella que me dio la oportunidad de llegar a este mundo y fue un gran pilar para lograr alcanzar mis sueños, al igual que mi padre de quien nunca me ha faltado buenos consejos y a quien admiro mucho.

A mis hermanos: Elba, Byron, Adriana y mis hermosos sobrinos quienes esperaban con ansias la culminación de mis estudios y de los cuales siempre recibí amor y cariño.

A mi abuelita Nicolasa, mi tío Ángel, mis amigos Cristofer y Erika; con quienes compartimos gratos momentos en nuestra facultad, que en paz descansen, quienes me apoyaron siempre y estuvieron pendientes de mí, me hubiese encantado compartir esta alegría con ustedes y alcanzar nuestra meta del cual siempre nos llenábamos de esperanza y entusiasmo el saber que pronto lo lograríamos, sin embargo, sé que desde el cielo compartirán mi alegría.

Belén

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios principalmente por haberme dado vida, salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de este camino, quien me cuida, me acompaña y lo hace todo es posible.

A mi tía Mary quien es como mi segunda madre gracias por acogerme en su hogar y brindarme el calor de familia, cuando estaba lejos de mí. Al igual que mi hermano Byron.

A la Universidad Politécnica Salesiana, la cual dentro de sus instalaciones no solamente me formo profesionalmente, también lo hizo a nivel personal y espiritual ayudándome a entender la responsabilidad que conlleva ejercer esta profesión, que el amar lo que haces y la gratitud de servir a los demás, es éxito más grande que se puede lograr.

A mis amigos quienes conocí dentro de las aulas de mi querida universidad, que pesar que nos la vida nos lleve por diferentes caminos, siempre los guardare en mi corazón: Bryan y Fernando con quienes desarrollamos en conjunto nuestro trabajo de titulación, ha sido una gran aventura, gracias por su empeño y dedicación.

A la asociación Alimentado con sabiduría por acoger nuestra propuesta y confiar en nuestro trabajo, espero que el proyecto desarrollado, sea una herramienta muy útil para su emprendimiento, augurándoles el mejor de los éxitos a esta asociación de mujeres innovadoras que luchan por un mejor porvenir de sus hijos.

Finalmente, agradezco a mi tutor el Ing. Milton Jami, por su acompañamiento durante el desarrollo de mi trabajo de titulación, por compartirme sus conocimientos de largos años de experiencia permitiéndome así alcanzar los objetivos propuestos y culminar el presente trabajo.

Belén

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
Problema:	2
Justificación:.....	2
Objetivos:	2
Objetivo general	2
Metodología:	3
CAPÍTULO I.....	4
CONCEPTOS Y DEFINICIONES.....	4
1.1 El maíz.....	4
1.1.1 Estructura del grano	4
1.1.2 El Cultivo de maíz en el Ecuador.....	5
1.1.3 Variedades nativas de la provincia de Imbabura.....	5
1.2 Humita	6
1.3 Molienda.....	6
1.3.1 Molienda seca.....	6
1.3.2 Molienda húmeda.....	7
1.4 Fuerzas que intervienen en el proceso de fragmentación.....	8

1.5	Equipos de molienda	8
1.5.1	Molino de martillos	8
1.5.2	Molino de discos	9
1.5.3	Molino de rodillos	10
1.5.4	Molino de bolas	10
1.6	Maquinas dosificadoras	12
1.6.1	Dosificadoras volumétricas	12
1.6.2	Dosificadora de compuerta rotativa	12
1.6.3	Dosificadora de tornillo.....	13
1.6.4	Dosificadoras gravimétricas	13
1.7	Tipos de mezcladores en la industria alimentaria.....	14
1.7.1	Mezcladoras Horizontales	14
1.7.2	Mezcladoras Verticales	14
1.7.3	Mezclador de cintas.....	15
1.7.4	Mezcladora horizontal de paletas planas.....	15
1.7.5	Mezcladora de paletas simples	16
1.7.6	Mezcladora con agitador tipo ancla	16
1.8	Mecanismos de transmision mecanica	16
1.8.1	Poleas	16
1.8.2	Cajas reductoras	17
1.8.3	Torque	19
1.9	Materiales para el diseño de maquinas	19
1.9.1	Aceros inoxidables	20
1.10	Uniones fijas	21
1.10.1	Soldadura.....	21
1.11	Análisis y simulación mediante el método de elementos finitos	22

1.11.1	Mallado.....	22
1.11.2	Matriz de rigidez	23
CAPÍTULO II		25
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		25
2.1	Descripción del proceso para la producción de pasta para humitas	25
2.1.1	Modulo1: molienda	25
2.1.2	Modulo2: mezclado.....	26
2.1.3	Módulo 3: dosificación.....	26
2.2	Diagrama del proceso de producción	27
2.3	Selección del sistema de molienda	28
2.4	Selección del sistema de mezclado.....	29
2.5	Selección del sistema dosificador.....	29
2.5.1	Alternativas	30
CAPÍTULO III		32
DISEÑO Y SIMULACION DE ELEMENTOS MECANICOS.....		32
3.1	Dimensionamiento de tolva	32
3.1.1	Cálculo de volumen.....	32
3.1.2	Selección de material	34
3.2	Diseño del Sistema de transporte helicoidal.....	34
3.2.1	Diseño de tornillo transportador.....	35
3.2.2	Diámetro de hélice envolvente del transportador.....	36
3.2.3	Diámetro del eje del transportador	36
3.2.4	Paso	37
3.2.5	Validación de diseño	38
3.2.6	Análisis de elementos finitos en el tornillo transportador.....	44
3.2.7	Velocidad angular de tornillo transportador.....	46

3.2.8	Velocidad de desplazamiento del eje del transportador	49
3.3	Área transversal del canalón.....	50
3.3.1	Modelo del sistema transportador calculado.....	51
3.4	Capacidad de procesado	52
3.4.1	Flujo de material transportado.....	53
3.5	Potencia requerida para el accionamiento	54
3.6	Discos de fraccionamiento.....	56
3.6.2	Disco estático	58
3.7	Fuerza de fraccionamiento.....	61
3.8	Análisis de elementos finitos de discos	63
3.8.1	Cálculo de potencia de molienda	65
3.9	Selección de motor eléctrico.....	66
3.10	Modelo final del molino.....	66
3.11	Diseño de mezclador	67
3.12	Diseño de dosificador	69
3.12.1	Estudio de requerimientos	69
3.12.2	Circuito neumático	70
3.12.3	Componentes del circuito.....	71
3.12.4	Descripción del circuito	74
3.12.5	Cavidad de llenado	76
3.12.6	Elementos distribución de la pasta	79
3.12.7	Bastidor de soporte para el sistema dosificador	80
3.12.8	Ensamble general dosificador	84
3.13	Diseño de estructura.....	86
3.13.1	Selección de material y perfiles	87
3.13.2	Análisis de elementos finitos en la estructura general	92

3.14	Diseño final del molino dosificador.....	95
3.15	Cálculo de soldadura.....	97
3.15.1	Diseño de soldadura de filete	98
3.15.2	Diseño de soldadura de ranura por penetración completa.....	100
CAPÍTULO IV		102
ANÁLISIS DE COSTOS		102
4.1	Viabilidad del proyecto	105
4.1.1	Valor actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)	108
4.1.2	Tiempo de retorno de la inversión.....	108
CONCLUSIONES		109
RECOMENDACIONES		111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del grano de maíz	4
Figura 2. INIAP 122 "Caucho mejorado"	5
Figura 3. Humitas preparadas a base de pasta de maíz	6
Figura 4. Molienda seca	7
Figura 5. Molienda húmeda	7
Figura 6. Tipos de fuerzas que generara fragmentación	8
Figura 7. Molino de martillos.....	9
Figura 8. Molino de discos industrial.....	9
Figura 9. Molinos de Fricción: a) Disco Único, b) Doble Disco c) Molino de Piedras.....	10
Figura 10. Molino de rodillos.....	10
Figura 11. Molino de bolas para alimentos	11
Figura 12. Dosificadora volumétrica de embolo	12
Figura 13. Dosificadora de compuerta rotativa	13
Figura 14. Dosificador de tornillo	13
Figura 15. Dosificador Gravimétrico	14
Figura 16. Mezclador vertical	15
Figura 17. Mezclador de cintas o doble ribbon.....	15
Figura 18. Mezcladora de paletas planas	15
Figura 19. Mezcladora de paletas simples.....	16
Figura 20. Mezclador de paleta única tipo ancla.....	16
Figura 21. Poleas de transmisión	17
Figura 22. 1) transmisión en ejes paralelos, 2) ejes cruzantes, 3) transmisión entre varios ejes, 4) tren de poleas	17
Figura 23. Tornillo sin fin corona	18
Figura 24. Reductor cilíndrico helicoidal.....	18
Figura 25. Reductor cónico helicoidal perpendicular	19
Figura 26. Reductor de engranajes helicoidales de ejes paralelos	19
Figura 27. Uniones soldadas a tope y ángulo.....	21
Figura 28. Simulación estática, entorno- Inventor Profesional.....	22
Figura 29. ..Mallado	23

Figura 30. Diagrama de flujo	27
Figura 31. Tolva de alimentación.....	32
Figura 32. Volumen interno de la tolva	33
Figura 33. Tolva- vista a) frontal - b) superior - c) Lateral	34
Figura 34. Componentes de un sistema de transporte helicoidal	35
Figura 35. Tornillo sin fin	35
Figura 36. Dimensionamiento de sin fin	38
Figura 37. Dimensionamiento de sin fin	38
Figura 38. Diagrama de cuerpo libre.....	39
Figura 39. Momento cortante	40
Figura 40. Momento flector	41
Figura 41. Tensión de Von Mises	44
Figura 42. Desplazamiento.....	45
Figura 43. Factor de seguridad.....	45
Figura 44. Canalón o artesa.....	50
Figura 45. Modelo resultante de diseño	52
Figura 46. Entradas de disco	58
Figura 47. Dimensiones de grano de maíz	59
Figura 48. Nervios de disco fijo.....	59
Figura 49. Ranuras de disco	60
Figura 50. Disco móvil.....	60
Figura 51. Dimensionamiento de disco.....	60
Figura 52. Propiedades físicas del disco móvil.....	61
Figura 53. Corte transversal de mazorca en estado pastoso.....	62
Figura 54. Diagrama de deformación de maíz húmedo.	63
Figura 55. Mallado.	63
Figura 56. Tensión de Von Mises	64
Figura 57. Desplazamiento.....	64
Figura 58. Factor de Seguridad	65
Figura 59. Modelo Final.....	67
Figura 60. Propiedades físicas del equipo.....	67
Figura 61. Mezcladora	68

Figura 62. Mezcladora	68
Figura 63. Propiedades físicas de la mezcladora	69
Figura 64. Circuito de dosificación automática y manual.....	70
Figura 65. Compresor de aire/simbología.....	71
Figura 66. Unidad de mantenimiento / simbología.....	71
Figura 67. Válvula de 5/n vías / Simbología.....	72
Figura 68. Cilindro de doble efecto / simbología.....	72
Figura 69. Estructura de un cilindro neumático de doble efecto.....	72
Figura 70. Sensor de proximidad / simbología	73
Figura 71. Interruptor / simbología	73
Figura 72. Botonera de arada de emergencia/ simbología	73
Figura 73. Válvula solenoide.	74
Figura 74. Circuito neumático para dosificación (vástago extendido)	75
Figura 75. Circuito neumático para dosificación (vástago extendido)	75
Figura 76. Cavidad de llenado	76
Figura 77. Pistón de cilindro de llenado.....	76
Figura 78. Capacidad máxima de dosificación	77
Figura 79. Bastidor de dosificador	80
Figura 80. Dimensionamiento de dosificador	81
Figura 81. Perfiles de acero inoxidable-catálogo DIPAC.....	83
Figura 82. Catalogo laminas en acero inoxidable	83
Figura 83. Mesa de soporte para circuito dosificador	84
Figura 84. Despiece -dosificador	84
Figura 85. Dosificadora neumática modelo final	85
Figura 86. Estructura general	86
Figura 87. Dimensiones de plataforma de estructura general	88
Figura 88. Diagrama de cuerpo libre viga principal	89
Figura 89. Momento flector	89
Figura 90. Catalogo- tubos rectangulares en acero negro	91
Figura 91. Tubos cuadrados en acero negro.....	91
Figura 92. Estructura -materiales de fabricación.	92
Figura 93. Tensión de Von Mises	93

Figura 94. Desplazamiento.....	94
Figura 95. Factor de seguridad.....	94
Figura 96. Diseño final.....	95
Figura 97. Despiece molino	95
Figura 98. Tamaño de soldadura.....	98
Figura 99. Dimensiones de soldadura de filete	98
Figura 100. Longitud de cordón de soldadura	99
Figura 101. Cálculo de soldadura de ranura.....	101
Figura 102. Esfuerzo permisible del cordón de soldadura	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escalones de fragmentación de granos	7
Tabla 2. Fuerzas de fragmentación	8
Tabla 3. Granulometría acorde a equipos de molienda	11
Tabla 4. Equipo empleado para reducción de alimentos.....	11
Tabla 5. Propiedades generales de los aceros inoxidables	20
Tabla 6. Presentación de productos en acero inoxidable	21
Tabla 7. Tabla de ponderación para selección de molino	28
Tabla 8. Selección de sistema de dosificación	31
Tabla 9. Factores de capacidad para transportador.	37
Tabla 10. Características del material- maíz	37
Tabla 11. Reacciones en los apoyos.....	40
Tabla 12. Esfuerzos Resultantes.....	41
Tabla 13. Materia para transporte helicoidal.....	47
Tabla 14. Factores de capacidad para transportador con paso especial	47
Tabla 15. Factores de capacidad para transportador helicoidal especial.....	48
Tabla 16. Coeficiente por presencia de paletas	48
Tabla 17. Capacidad pies cúbicos por hora (RPM).....	49
Tabla 18. Factor de desnivelado.....	51
Tabla 19. Inclinación del canalón o artesa	53
Tabla 20. Propiedades químicas del acero inoxidable E 410.....	57
Tabla 21. Propiedades mecánicas del acero inoxidable E410.....	57
Tabla 22. Propiedades mecánicas del acero inoxidable E410 cementado	58
Tabla 23. Porcentaje de líquidos en el maíz según el grado de madures	62
Tabla 24. Potencia total.....	66
Tabla 25. Elementos empleados para el transporte de pasta	79
Tabla 26. Elementos de dosificación – masa en kg.....	81
Tabla 27. Lista de componentes	84
Tabla 28. Acero estructural A36 propiedades mecánicas.	87
Tabla 29. Pernos AISI 304 utilizados en el ensamble del molino.....	96
Tabla 30. Propiedades mecánicas del aporte de soldadura TIG ER-316L.....	97

Tabla 31. Propiedades mecánicas del aporte de soldadura E6011	97
Tabla 32. Tamaños mínimos para la soldadura de filete especificación del AISC.....	98
Tabla 33. Material para construcción	102
Tabla 34. Material de adquisición	103
Tabla 35. Material eléctrico	103
Tabla 36. Costo de ensamble y construcción	104
Tabla 37. Costos por procesos.....	104
Tabla 38. Costo total del equipo – molino dosificador	104
Tabla 39. Consumo eléctrico del equipo	105
Tabla 40. Costos de operación	105
Tabla 41. Depreciación de maquinaria.....	106
Tabla 42. Producción mensual	106
Tabla 43. Flujo de caja ingresos. egreso	107
Tabla 44 Tasa interna de retorno.....	108
Tabla 45. Valor actual neto	108
Tabla 46 Periodo de recuperación de inversión	108

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es diseñar un molino dosificador capaz de procesar 40kg por hora de pasta para humitas, esta cantidad es el resultando de mezclar maíz molido y los ingredientes que se emplean para su preparación, la misma que se ve reflejada en la dosificación de tal manera que la maquina tiende a alcanzar a producir 571 humitas de 70 gramos por porción abarcando la capacidad requerida.

El diseño de esta máquina posteriormente será construida y empleada como herramienta de trabajo para la preparación de alimentos típicos en la Asociación de Servicios “Alimentando con sabiduría”, que se encuentra ubicada en Imantag, una parroquia perteneciente la provincia de Imbabura. La misma que tiene la visión de insertarse en el mercado de alimentos preelaborados con este producto, por tal razón se ha procedido a diseñar empleando material que cumpla con la normativa sanitaria EN ISO 12100-1 establecida por el INEN, referente a maquinarias de procesamiento de alimentos para el consumo humano, seleccionando acero inoxidable de varias especificaciones para los para la construcción de todos los componentes que van a tener contacto directo con alimentos.

Este escrito consta de cuatro capítulos, en el primero se realiza una compilación de información con la finalidad de conocer los aspectos teóricos involucrados en el diseño.

En el capítulo II, se procede a seleccionar equipos de referencia que cumplan las tareas requeridas por el proceso global, que es la de preparar una pasta homogénea para humitas. La selección se realiza principalmente de acuerdo con el diagrama de procesos y criterios de eficiencia, rendimiento y factor económico, que son aspectos que se desean encontrar en una máquina para producción.

Establecidos los procesos a realizar, se procede a diseñar los componentes del molino dosificador, referenciándonos a cálculos, tablas, teorías y requerimientos de producción, cuyo proceso se describe en el Capítulo III

Finalmente, el capítulo IV evalúa la viabilidad del proyecto analizando costos de inversión.

Palabras clave: Molienda húmeda, dureza, granulometría, fuerzas de fractura de grano, cizallamiento, sistema transportador, dosificación neumática.

ABSTRACT

The objective of this study is to design a dosing mill capable of processing 40kg per hour of pasta for humitas, this amount is the result of mixing ground corn and the ingredients used for its preparation, the same amount that is reflected in the dosage of in such a way that the machine tends to produce 571 humitas of 70 grams per portion, covering the required capacity.

The design of this machine will later be built and used as a work tool for the preparation of typical foods in the Association of Services "Feeding with wisdom", which is located in Imantag, a parish belonging to the province of Imbabura. The same one that has the vision of inserting itself into the pre-prepared food market with this product, for this reason it has proceeded to design using material that complies with the EN ISO 12100-1 sanitary regulation established by the INEN, referring to food processing machinery. food for human consumption, selecting stainless steel of various specifications for the construction of all components that will have direct contact with food.

This writing consists of four chapters, in the first one a compilation of information is carried out in order to know the theoretical aspects involved in the design.

In chapter II, we proceed to select reference equipment that fulfills the tasks required by the global process, which is to prepare a homogeneous paste for humitas. The selection is made mainly according to the process diagram and criteria of efficiency, performance and economic factor, which are aspects that are desired to be found in a machine for production.

Once the processes to be carried out have been established, the components of the dosing mill are designed, referring to calculations, tables, theories and production requirements, the process of which is described in Chapter III.

Finally, chapter IV evaluates the feasibility of the project by analyzing investment costs.

Keywords: Wet grinding, hardness, granulometry, grain fracture forces, shearing, conveyor system, pneumatic dosage.

INTRODUCCIÓN

Incrementar la productividad agrícola y mejorar la estabilidad económica de los agricultores es un reto que se puede alcanzar a través de la tecnología e innovación, pretendiendo a través de ellas agregar valor a la producción agrícola generando productos que puedan insertarse a nuevos mercados, propiciando a que el agricultor perciba ingresos justos por la actividad que realiza y a consecuencia evitar pérdidas por falta comercialización producida por un mercado limitante y precios bajos.

La finalidad del proyecto de Diseño y simulación de maquinaria (molino dosificador). Tiene como meta; proponer un modelo a construir, que sea capaz de generar valor agregado a la materia prima (productos agrícolas) referencialmente el maíz. La maquinaria que será construida en base al modelo propuesto se implementara en la Asociación de Servicios de Alimentación “ASOSERALASAB”, ubicada en la parroquia de Imantag, conformada por un grupo de 15 personas que se dedican a la agricultura campesina y ofrecen diversos tipos de productos que cultivan en sus parcelas desde el año 2015 jurídicamente. La maquinaria industrial se utilizará para procesar ingredientes para Alimentos típicos derivados del maíz, el producto final obtenido serán humitas para comercialización con sello de calidad.

Antecedentes:

Imantag es una parroquia perteneciente a la provincia de Imbabura la misma que se caracteriza por su variedad de climas y la fertilidad de su suelo lo que hace posible el cultivo de diferentes productos agrícolas en todas las épocas de año. La mayoría de los habitantes de esta parroquia se dedican a la labor agrícola en parcelas propias o arrendadas, donde cultivan sus semillas. Después de todo el proceso que conlleva llegar hasta la etapa de producción donde cosechan sus productos para ser comercializados, el precio la mayoría de las veces no justifica la inversión y esfuerzo del productor, a consecuencia, esto no genera estabilidad económica al agricultor al ser el único ingreso que sirve como sustento para sus familias. El no poder contar con precios estables los mismos que pueden variar impredeciblemente, el agricultor esta propenso a que los precios de sus productos tiendan a caer a valores injustamente bajos, siendo el intermediario quien saca el mayor beneficio posible del trabajo de los agricultores. Esto hace que muchas de estas familias abandonen este tipo de actividad de económica y migren a otras ciudades en busca de empleo.

Como una solución a esta problemática que enfrentan los productores agrícolas, pocos han optado por la alternativa de generar valor agregado directamente a sus productos por diversas limitantes entre ellas, el factor económico, falta de conocimiento o capacitación. A razón que para procesar productos de consumo cada una de sus etapas de transformación necesitan ser controladas a manera que el producto final cumpla con los estándares de calidad y pueda ser comercializado.

Problema:

El proyecto surge ante la necesidad de procesar de manera directa la producción maíz y convertirlo en un producto elaborado de calidad y alta producción aprovechando así al máximo las cosechas de los agricultores, lo que evita que sean desechados situación que sucede cuando los precios han bajado bruscamente, ante lo cual, los agricultores prefieren que sus plantas cuando están en temporada de cosecha vuelvan a la tierra como fertilizante o abono.

Por lo tanto, dicho proyecto busca en cierta manera evitar la pérdida de su producción y que el productor logre recuperar la inversión de sus siembras y a consecuencia se compense el trabajo de quienes se dedican a esta actividad, debido a que, el producto final tendrá un valor agregado.

Justificación:

El diseñar y simular el modelo que se fabricara posteriormente es esencial, ya que el diseño a realizarse se sustentara en cálculos y principios de diseño de máquinas, para que el molino dosificador opere de la manera correcta, supliendo aquellos procesos necesarios para la producción de humitas; principalmente el de molido, mezclado y dosificado. Permittiéndonos controlar parámetros que infieren directamente en la calidad de la pasta de maíz. Optimizando con la maquina tiempos de producción y trabajo.

Objetivos:

Objetivo general

- Diseñar y simular mediante software especializado un molino dosificador para procesar 40 kg/h de pasta de maíz en la asociación “Alimentando con Sabiduría - ASESORALASAB” ubicada en la parroquia Imantag

Objetivos específicos

- Establecer el proceso actual de molienda para masa de humitas.
- Definir los mecanismos a emplear acorde a las necesidades requeridas y procesos a ejecutar para la obtención de una buena calidad de molienda según los parámetros de calidad solicitados, para producción de pasta de maíz para humitas y la dosificación estándar de la misma.
- Diseñar mecanismos para la maquina dosificadora y el molino acorde a sus requerimientos
- Validar el diseño mediante la simulación de los parámetros mediante la utilización de un software

Metodología:

Para el presente estudio, la metodología que se empleara es mediante un estudio exploratorio la misma que se basa en una investigación exploratoria a través de la recolección de datos como: procesos que intervienen en obtención de la pasta de maíz; variables cuantitativas y cualitativas a obtener en producto final tales como: color, forma tamaño, sabor, densidad, peso, etc.; lugar donde se realizara la instalación del equipo; recursos necesarios a emplearse entre otras.

Esta metodología nos permitirá indagar en nuestro diseño, tomando como referencia las características mencionadas y así diseñar los diferentes mecanismos que emplearemos. El método también permite partir de investigaciones ya existentes las cuales aportaran a generar un diseño novedoso, funcional y completo para procesos que no han sido realizados anteriormente por una sola máquina, lo cual lo hace muy eficiente e innovador.

CAPÍTULO I

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

En el presente capítulo se exponen conceptos, definiciones y principios con el fin de profundizar temas o variables que servirán de sustento para el diseño a desarrollar.

1.1 El maíz

Planta de origen americano cuyo fruto de color amarillo o blanco se denomina cereal gramíneo, caracterizado por su tallo recto, que posee hojas alargadas como ramificaciones que se emplean como alimento para animales de ganadería, esta planta alcanza la etapa de producción en un tiempo aproximado de 4 a 5 meses a partir de la siembra [1].

1.1.1 Estructura del grano

En su estructura está compuesta por:

- **Pericarpio** : capa externa protectora dura y fibrosa que recubre y encierra el grano de maíz evitando la invasión de hongos o bacterias. Conocido también como cascarilla [1].
- **Endospermo**: constituido de gluten y almidón. Es la membrana que envuelve al germen y proporciona nutrientes para el desarrollo de la semilla., constituye el 70 % a 75 % del grano, es un componente rico en fibra y proteína [1].
- **Germen**: denominado así al embrión del grano localizada en la parte inferior media de su estructura representando el 7 % de la composición, conteniente altos niveles de aceite [1].

En la figura 1, se muestra la estructura descrita.

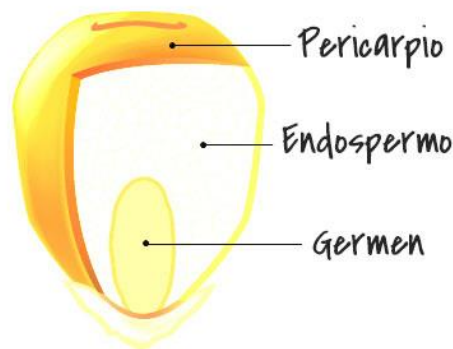


Figura 1. Estructura del grano de maíz [2]

1.1.2 El Cultivo de maíz en el Ecuador

Es una de las actividades agrícolas más importantes, debido a que se destinan grandes superficies para su cultivo gracias a la adaptación de esta planta a diversos pisos climáticos. Razón por la cual que este alimento tiene gran presencia en la dieta ecuatoriana.

La región sierra produce una gran variedad de maíces de acuerdo al suelo en el que sea cultivado, por ejemplo: en las provincias de la Sierra norte (Carchi, Imbabura, Pichincha) se dan maíces de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Tungurahua, Chimborazo, Bolívar) maíces blancos harinosos, en la sierra sur: (Cañar y Azuay) el maíz denominado “Zhima” (blanco amorochado) [3].

1.1.3 Variedades nativas de la provincia de Imbabura

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), esta provincia se caracteriza por la producción de maíz suave amarillo, con un estimado de 20.000 hectáreas anuales. Destacándose el cultivo de variedades nativas altamente difundidas como el caucho mejorado y Huandango [4].

La calidad y suavidad de su grano lo hace excelente para el consumo. Se emplea de base para la preparación de alimentos como harinas, tortillas, humitas, pan, mote, tostado, etc [4].

En la figura 2, se aprecia que las variedades mencionadas suelen tener características similares como el color y tamaño de la mazorca que oscila entre los 140cm de altura [3].

El rendimiento experimental, según el INIAP, es de 230 sacos por hectárea (125 choclos por saco) [4].



Figura 2. INIAP 122 "Caucho mejorado" [3]

1.2 Humita

Alimento típico del continente americano, plato amerindio cuya preparación se ha replicado durante varias generaciones principalmente en países como Colombia, Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Ecuador. Su preparación se basa mezcla de ingredientes tales como choclo molido o triturado, cebolla, huevos, queso y especias que pueden variar según la región o tradición familiar, de la combinación de estos ingredientes resulta una pasta de maíz homogénea que es dosificada en hojas de maíz y finalmente son cocidas al vapor. La figura 3, muestra la presentación del alimento típico [5].



Figura 3. Humitas preparadas a base de pasta de maíz [6]

1.3 Molienda

Se aplica a cualquier tipo de grano o sustancias fibrosa. Este proceso se caracteriza fracturar al material en partículas milimétricas e incluso micromilimétricas con el fin conseguir el tamaño de grano adecuado que exija su empleo [7].

1.3.1 Molienda seca

Se da cuando el grano o material es prácticamente seco, siendo que la humedad en los granos es la cantidad de líquidos que contienen en su interior para que este se considere como molienda seca los granos deberán poseer un nivel de humedad inferior al tres por ciento [7].

En este tipo de trabajo los cuerpos molidores no presentan mayor deterioro por corrosión en relación con la molienda húmeda. Sin embargo, existirá en ellos mayor desgaste por fricción o rozamiento, debido a que el grano a moler presenta mayor dureza. Además, por las partículas volátiles que se producen esta necesita de captadores de polvo para que el producto molido no se disperse en el ambiente, como se precia en la figura 4 [8].



Figura 4. Molienda seca [9]

1.3.2 Molienda húmeda

Genera pulpas, pastas o productos con evidente contenido de líquido (figura 5). Se considera así, cuando el grano procesado posee una humedad mayor al ocho por ciento en su composición. Precisa menos energía para su trabajo, debido a que el grano a tratar presenta menos resistencia a la fragmentación al ser más blando [8].



Figura 5. Molienda húmeda [10]

En la tabla 1, se refleja los distintos tipos de molienda que se puede obtener y los tamaños de salida correspondiente a cada uno de ellos. Además, se expresa que la trituración siendo una etapa de la fragmentación es diferente a la molienda.

Tabla 1. Escalones de fragmentación de granos [7]

Proceso	Etapa	Escalón	Tamaño de salida
Fragmentación	Trituración	Primario	6" - 8"
		Secundario	2" - 3"
		Terciario	1/2" - 3/8"
	Molienda	Grueso	1-2 mm
		Medio	200-500 μm
		Fino	50-100 μm
		Ultrafino	10 μm

1.4 Fuerzas que intervienen en el proceso de fragmentación

Se distinguen en tres tipos compresión, impacto y frotamiento o cizalla (figura 6), estas son capaces de reducir el tamaño de grandes sólidos, convirtiéndolos en materiales granulares.

:



Figura 6. Tipos de fuerzas que generara fragmentación [11]

En la tabla 2, se precia los equipos de fragmentación, de acuerdo con las fuerzas y principios que emplean para ejecutar su trabajo.

Tabla 2. Fuerzas de fragmentación [12]

Fuerza	Principio	Aparato
Compresión	Cascanueces	Rodillos trituradores
Impacto	martillo	Molino de martillos
Cizalla	Piedra de molino	Molino de Discos

Por lo general se obtiene el grado de molienda deseado con tan solo aplicar una de estas fuerzas, sin embargo, hay situaciones como en el caso de los productos fibrosos que necesitan combinar las fuerzas para conseguir la granulometría deseada.

1.5 Equipos de molienda

Se clasifican en función a las fuerzas que se aplican para cumplir su función

1.5.1 Molino de martillos

Equipo caracterizado por poseer un rotor circular en cuya periferia se encuentran montadas una especie de aspas-martillo que giran a altas velocidades al interior de una carcasa cilíndrica. Tal como se aprecia en la figura 7, el producto a moler es introducido por la parte superior de la

tolva principal depositándose dentro del cilindro donde es golpeado repetidamente por los martillos, provocando que el producto se fracture a efecto del impacto [13].

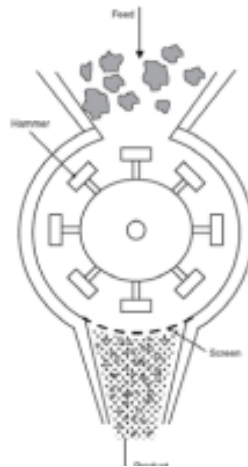


Figura 7. Molino de martillos [14]

1.5.2 Molino de discos

La molienda en este equipo se produce a causa de la compresión y cizalla desarrollada por los discos (cuerpos moledores) en la material a moler, la separación entre ellos se regula de acuerdo de la granulometría que se desea obtener. Estos discos poseen una variedad de relieves en una de sus caras y giran en dirección opuesta cuando son molinos de disco doble o bien, si uno de ellos permanece estático se denomina de disco único. Ideales para molienda fina, este mecanismo está compuesto básicamente por una armadura estacionaria, uno o dos discos estriados giratorios y un transportador sin fin que se encarga de movilizar la alimentación hacia los cuerpos moledores. En la figura 8 y 9, se observa su estructura característica [15].



Figura 8. Molino de discos industrial [16]

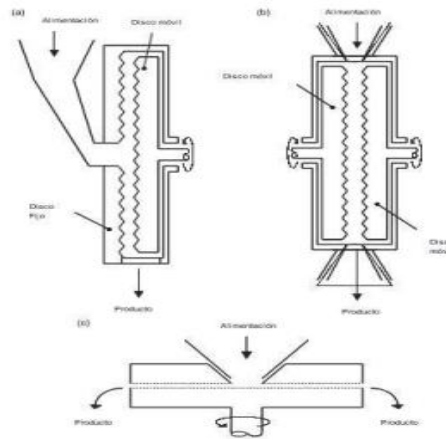


Figura 9. Molinos de Fricción: a) Disco Único, b) Doble Disco c) Molino de Piedras [11]

1.5.3 Molino de rodillos

En la figura 10, se presenta este tipo de molino (crusher). Provisto de dos rodillos de acero cuya superficie puede ser dentada, lisa y /o corrugada, estos rodillo rotan en sentido contrario a manera que el material atrapado entre estos es sometido a fuerzas de compresión causando su fragmentación. La distancia de separación entre ambos rodillos se puede regular manipulando el resorte de alivio del equipo que permite establecer el tamaño de grano a la salida [14].



Figura 10. Molino de rodillos [18]

1.5.4 Molino de bolas

Obsérvese, figura 11, también conocido como molino de cilindros, dicho sistema consiste en una carcasa cilíndrica, dentro de la cual se encuentran bolas o cilindros que ejercen el efecto reductor a causa del impacto que se produce entre ellas al rotar el eje de la carcasa. Si se emplean

bolas pequeñas la fuerza de cizalla predominara, mientras que al utilizar bolas grandes a altas velocidades predominara la fuerza de impacto [19].



Figura 11. Molino de bolas para alimentos [20]

Los tipos de molinos citados se encuentran entre los más empelados para el fraccionamiento de granos, a continuación, en la tabla 3 se describe de manera resumida la información acerca de la granulometría que se obtiene con los diferentes tipos de molinos.

Tabla 3. Granulometría acorde a equipos de molienda [21]

Equipo	Molino	Tamaño de partícula			
		Gruesos (150-250) mm	Medios (6-150) mm	Finos (2-10) mm	Ultrafinos (1-50) µm
	De martillos		✓	✓	
	De bolas				✓
	De discos			✓	✓
	De rodillo			✓	✓

Las características mostradas en la tabla 4, referente a la aplicación de los equipos citados serán útiles posteriormente para la selección de alternativas.

Tabla 4. Equipo empleado para reducción de alimentos [21]

Equipo	Molino	Tipo de producto			
		Blando, quebradizo y cristalino	Duro, abrasivo	Fibroso	Grasoso
	De martillos	✓	✓	✓	✓
	De bolas		✓		
	De discos	✓			
	De rodillo	✓		✓	✓

1.6 Maquinas dosificadoras

Un dosificador tiene como función controlar la cantidad de envasado de un producto sea sólido, líquido o gaseoso en cada una de sus descargas con el objetivo de obtener precisión y optimizar tiempos en la dosificación [22].

Estos equipos se clasifican de acuerdo con el mecanismo que emplea, como los que se citan a continuación:

1.6.1 Dosificadoras volumétricas

Figura 12, económicas y de estructura simple, donde el volumen del flujo a despachar ingresa desde la tolva a efecto de la succión generada por el desplazamiento del pistón del cilindro neumático siendo el embolo quien inyecta la cantidad regulada hacia la salida de dosificador. Los cilindros empleados pueden ser accionados mecánica o neumáticamente [23].

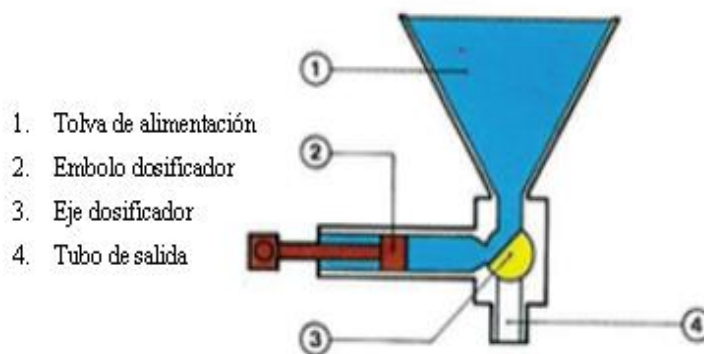


Figura 12. Dosificadora volumétrica de embolo [23]

1.6.2 Dosificadora de compuerta rotativa

Tiene menor precisión que los dosificadores volumétricos y gravimétricos, puesto que la dosificación se da a través de compuertas rotativas, las cantidades a dosificar se limitan al espacio existente en cada cámara y la velocidad a las revoluciones transmitidas por el motor eléctrico que la acciona [23]. La figura 13, muestra su modo de trabajo.

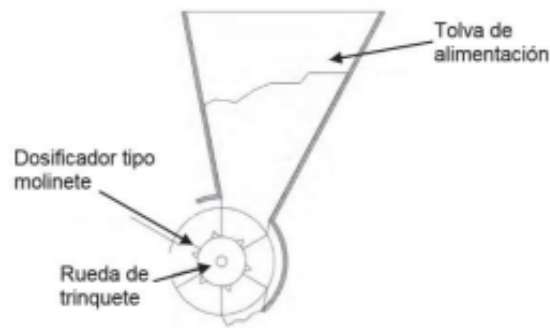


Figura 13. Dosificadora de compuerta rotativa [23]

1.6.3 Dosificadora de tornillo

La figura 14, muestra su estructura. El tornillo sin fin es el elemento característico de este equipo, se encuentra ubicado bajo la tolva de alimentación accionado por un motor eléctrico, este libera el volumen determinado por medio de sus aletas envolventes en cada revolución. La velocidad de giro del tornillo se reduce con engranajes, bandas o variadores de velocidad [24].

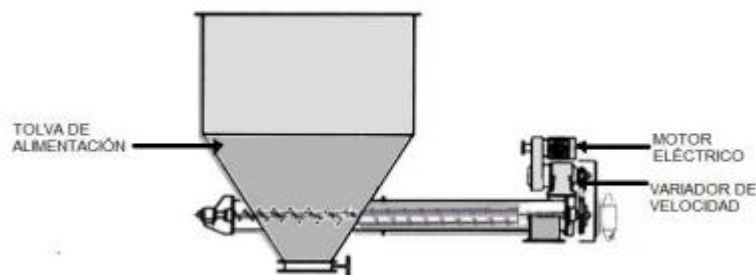


Figura 14. Dosificador de tornillo [24].

1.6.4 Dosificadoras gravimétricas

Son los más precisas, debido a que en su interior tienen una báscula integrada (figura 15), que permite corregir defectos de dosificación que se presentan por lo general cuándo se trabaja con líquidos semilíquidos y sustancias viscosas por los espacios de aire o burbujas que se forman en estas, situación que este tipo de equipo puede controlar, debido a que la descarga de cada dosis lo realiza en relación al peso que se le asigne. Se emplean en aplicaciones donde se requiere controlar de manera estricta el peso dosificado [23].



Figura 15. Dosificador Gravimétrico [25]

1.7 Tipos de mezcladores en la industria alimentaria

Una mezcladora, con el movimiento rotacional de sus agitadores que puede variar desde los 32 hasta 230 RPM, tiene el propósito de hacer que las partículas de los ingredientes colocados en su interior se combinen entre ellos. A diferencia de batidoras que trabajan a altas velocidades con contenidos poco espesos y las amasadoras que invierten más energía para trabajar con contenidos más densos, estas simplemente tienen la función de mezclar cualquier o revolver cualquier tipo de ingredientes [26].

Las configuraciones de estas pueden ser verticales y horizontales.

1.7.1 Mezcladoras Horizontales

El nivel de llenado es un problema común que se presenta en este tipo de mezcladoras, por lo que se recomienda, que esta se encuentre llenada mínimo a dos tercios de la capacidad del contenedor para obtener una buena mezcla [26].

1.7.2 Mezcladoras Verticales

Económicas y de fácil adaptación a otros equipos, como se observa en la figura 16. Poseen agitadores conocidos como gusanos, por lo general estas emplean un sistema de doble gusano que reduce el tiempo de mezclado a diferencia de cuando se trabaja con uno solo [26].



Figura 16 Mesclador vertical [27]

1.7.3 Mezclador de cintas

Consiste en una cubeta horizontal provista de dos cintas elípticas montadas en un eje: cada una de ellas genera un movimiento envolvente de los ingredientes en dirección contraria a la otra, tal como se observa en la figura 17 [28].



Figura 17. Mezclador de cintas o doble ribbon [29]

1.7.4 Mezcladora horizontal de paletas planas

Este tipo de mezcladora posee varios agitadores en forma de palas que están dispuestas a un cierto grado de inclinación fijadas en un eje giratorio dentro de un recipiente semicilíndrico, obsérvese figura 18 [28].



Figura 18. Mezcladora de paletas planas [30]

1.7.5 Mezcladora de paletas simples

Ideal para fluidos de baja viscosidad, posee palas en forma de barras que se sitúan perpendiculares a un eje central el cual recibe movimiento rotacional y potencia del motor, obsérvese figura 19 [28]. Se encuentra en configuraciones verticales y horizontales.

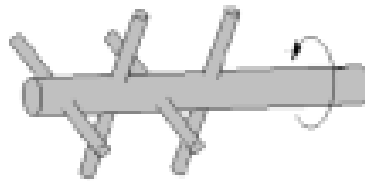


Figura 19. Mezcladora de paletas simples [28]

1.7.6 Mezcladora con agitador tipo ancla

Se muestra en la figura 20, contiene un eje donde se encuentra insertada una paleta tipo ancla al interior de un recipiente semicilíndrico con fondo cónico que permite que el agitador rote en su propio eje [28].



Figura 20. Mezclador de paleta única tipo ancla [31]

1.8 Mecanismos de transmisión mecánica

Se emplean para comunicar el movimiento rotacional del eje del motor (conductor) hacia otro eje (conducido), modificando la fuerza y la velocidad de movimiento.

1.8.1 Poleas

En este tipo de transmisión puede producirse entre dos o más poleas que se comunican a través de correas o bandas que transmiten el movimiento rotacional del conductor hacia el conducido,

observese figura 21, los mismos que pueden estar paralelos, cruzantes, transmitirse en varios ejes e incluso formar un tren de poleas, tal como se indica, en la figura 21 y 22 [32].

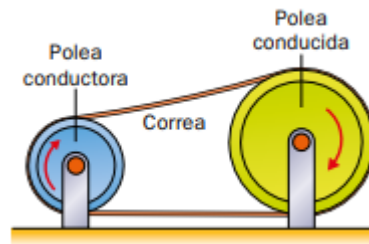


Figura 21. Poleas de transmisión [32]

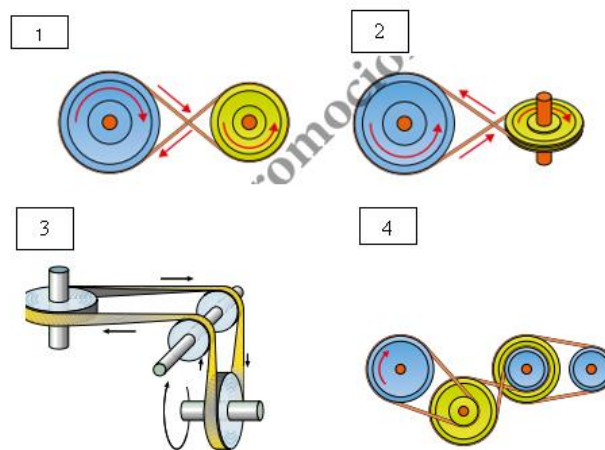


Figura 22. 1) ejes paralelos, 2) ejes cruzantes, 3) transmisión entre varios ejes, 4) tren de poleas [32]

Las ventajas de este tipo de transmisión es que su implementación es económica y fácil, se puede modificar la fuerza transmitida, la velocidad y el sentido de giro, sin embargo, el problema común es que las correas por el uso suelen deformarse [32].

La diferencia de los diámetros de las poleas de un sistema genera ventajas mecánicas como:

- Multiplicar la velocidad: Esto sucede cuando la polea conductora tiene mayor diámetro que la conducida por consecuencia el eje de la polea conducida aumentará su giro, pero disminuirá su fuerza [32].
- Reduce la velocidad: El proceso es inverso al anterior por lo que, en este caso la fuerza de eje inductor aumentara [32].

1.8.2 Cajas reductoras

Son dispositivos mecánicos que poseen un eje de entrada macizo o hueco, por el cual recibe el

movimiento rotacional elevado de un motor, dicho movimiento es transmitido por sus engranajes internos que reducen la velocidad y multiplican el torque que se transferirá al eje de salida [33]. Su mantenimiento es de bajo costo y seguro por el hecho de que los componentes del mecanismo se encuentran aislados dentro de una carcasa [34].

Para seleccionar un reductor de velocidad se deben tener en cuenta determinadas características tales como: el proceso en el que se empleara; información del motor, potencia tensión, frecuencia, numero de polos, ambiente de instalación, torque, etc [33].

Existen diversos tipos, su selección será acorde a la aplicación en que se la utilice.

- **Tornillo sin fin corona:** conformado por un tornillo (elemento conductor) y una rueda dentada (conducido) cuyos ejes son perpendiculares, véase en la figura 23, este mecanismo se emplea en aplicaciones donde se necesite reducir velocidades altas y multiplicar el torque de salida. Por lo general son implementadas en cajas reductoras para motores eléctricos [32].

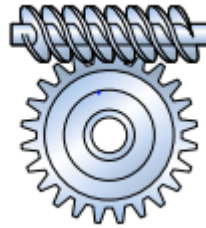


Figura 23. Tornillo sin fin corona [32]

- **Cilíndrico helicoidal:** caracterizados por tener el eje de entrada y salida coincidentes como se observa en la figura 24, sus ejes forman 180 grados entre sí. Son silenciosos, poseen velocidades y potencias altas y mayor vida útil.



Figura 24. Reductor cilíndrico helicoidal [36]

- **Cónico helicoidal de ejes perpendiculares:** el eje de entrada y salida se encuentran perpendiculares entre sí. Son altamente eficientes, poseen elevado par a la salida con capacidad para trabajar con cargas radiales y axiales sin presentar inconvenientes. De tamaño reducido, y larga vida útil, obsérvese en la figura 25.



Figura 25. Reductor cónico helicoidal perpendicular [37]

- **Helicoidal de ejes paralelos:** como lo indica su nombre, sus ejes de entrada y salida se encuentran paralelos, lo que lo hace más compacto, figura 26.



Figura 26. Reductor de engranajes helicoidales de ejes paralelos [38]

1.8.3 Torque

Es la fuerza de giro en la salida del eje de un motor que permite girar una carga determinada, este par dependerá de la velocidad y potencia del motor, tal se aprecia en la ecuación 1, de la cual se deduce que para una potencia dada a menor velocidad de giro del motor el torque será mayor, por lo tanto, cuanto más grande sea el torque nos permitirá girar mayor carga [39].

$$\text{Torque} = \frac{\text{Potencia del motor[HP]} * 716}{\text{velocidad de giro del motor (rpm)}} \quad (1)$$

1.9 Materiales para el diseño de maquinas

Los aceros o materiales ferricos son los mas empleados en la construccion de maquinas presentan características mecánicas muy buenas, son economicos en relacion al acero

inoxidables que tienen un costo elevado , sin embargo estos suelen ser vulnerables a la corrosion.

1.9.1 Aceros inoxidables

Dicho material es una aleacion compuesta de hierro como elemento base y porcentajes minimos de cromo y carbono, 10.5% y 1.2% respectivamente, la presencia de cromo en su composicion evita que se oxide facilmente ya que este al tener contacto con el oxigeno forma una pelicula llamada capa pasiva que excluye la oxidacion, dicha caracteristica hace que este material sea preferentemente empleado en la industria alimenticia por su grado de salubridad y facil limpieza [34]. A la composicion de este materal tambiense suelen incorporan elementos quimicos como niquel, molibdeno,mangneso,silicio, titanio y niobio para mejorar propiedades mecanicas como dureza, resistencia y soldabilidad.

- **Propiedades cualitativas del acero inoxidable**

Este material esta clasificado en familias: martensiticos,auteniticos, ferriticos y duplex .En la tabla 5, se describen propiedades generales que caracterizan a cada familia.

Tabla 5. Propiedades generales de los aceros inoxidables [34]

Propiedades generales de los aceros inoxidables						
Familia	Resistencia a la corrosion	Dureza	Magneticos	Endurecibles por tratamiento termico	Resistente a altas temperaturas	Soldabilidad
Martensiticos	Baja	Alta	Si	Si	Baja	Baja
Ferriticos	Buena	Media	Si	No	Media	Limitada
Austeniticos	Excelente	Alta	No	No	Alta	Excelente

- **Presentaciones de los Aceros inoxidables**

Este material se encuentra en diferentes presentaciones, perfiles tipo L,U,C, barras, laminas, pernos, tuercas, tornillos entre otros. En la tabla 6 se aprecia mas imformacion acerca de las dimensiones de comercializacion.

Tabla 6. Presentación de productos en acero inoxidable [40].

Productos semi elaborados	Espesor
Chapas y flejes laminados en frio	0,2- 5 mm
Chapas y flejes laminados en caliente	4- 70 mm
Barras: redondas, cuadradas ,hexagonales	1- 400 mm de diametro

1.10 Uniones fijas

De union permanente, la separacion de las piezas conectadas implica la ruptura o daño del medio de union.

1.10.1 Soldadura

Conocido asi, al proceso de union rigida de piezas del mismo material o similares, existen varios metodos para realizarlo que se diferencian por los electrodos que se emplean para desarrollar la union entre ellas se encuentran la soldadura: SMAW, MIG/MAG, TIG o GTAW, por arco sumergido SAW por mencionar las mas difundidas , sin embargo el principio de union es el mismo y consiste formar un cordón con el material de aporte que se expone al calor hasta que alcance su punto con las piezas, tras el enfriamiento y solidificacion quedan unidas. Los metales de aporte utilizados presentan mayor resistencia que el material base.

Las uniones o juntas mas comunes son de angulo y a tope observese en la figura 27. En la soldadura a tope se suele realizar un rebaje en los bordes de una de las piezas para facilitar la introduccion del material de aporte, esta tiene buena apariencia por que logra fusionar completamente. La soldadura en angulo en cambio se fija en las paredes adyacentes a consecuencia su cordón suele ser pronunciado [41].

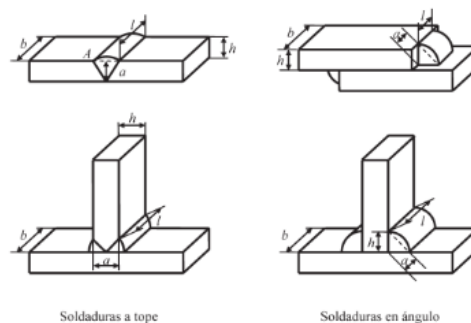


Figura 27. Uniones soldadas a tope y ángulo [41]

1.11 Análisis y simulación mediante el método de elementos finitos

Softwares como Inventor profesional ofrecen entornos de simulación que utiliza el método de elementos finitos para el análisis de partes o ensambles que se someten a diferentes tipos de esfuerzos como flexión, compresión, tracción, torsión y/ o cortante, presentando posteriormente un modelo tridimensional con un gama de colores que indican tensiones, desplazamientos y deformaciones sufridas en función a las condiciones de contorno definidas como material sujeciones y cargas, como se precia en la figura [56].

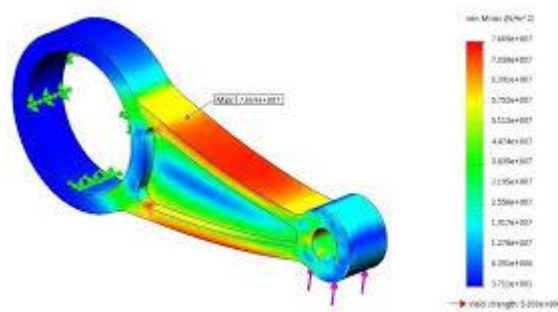


Figura 28. Simulación estática, entorno- Inventor Profesional [57]

El método de elementos finitos analiza modelos mediante la resolución de ecuaciones diferenciales para predecir su comportamiento. Por lo que se emplea para solucionar diversos problemas de ingeniería realizando por este medio diferentes tipos de análisis como de tensión, fatiga, pandeo, entre otros [56].

Básicamente el método se basa en sincretizar o dividir el modelo en múltiples partes de pequeño tamaño denominados elementos, el dividir el modelo tridimensional en pequeñas partes permite simplificar aquellos cálculos matemáticos que intervienen en el análisis, cálculos que son procesados en ordenadores con aplicaciones especializadas como la mencionada, que proporcionan datos en menor tiempo debido a que el modelo sincretizado es más fácil de analizarlo [56].

1.11.1 Mallado

Es de gran importancia en una simulación FEM, por ser el que divide al modelo tridimensional en elementos finitos o infinitesimalmente pequeños que se encuentran unidos entre ellos mediante nodos, obsérvese figura 29. Asignar el tamaño adecuado de malla permite obtener

resultados más precisos, como sucede cuando se aplica una malla fina, sin embargo, esto requiere más tiempo para procesar la solución, por lo que para propósitos prácticos la división de malla adecuada se selecciona referente a la precisión que se busque obtener en cada caso en particular [56].

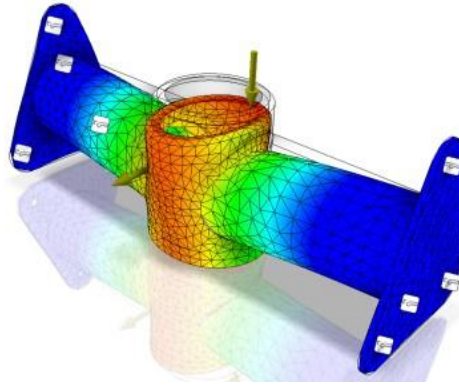


Figura 29.Mallado[58]

1.11.2 Matriz de rigidez

Una vez que se realiza el mallado, cada elemento dividido tendrá propiedades geométricas y físico mecánicas propias, estos elementos se conectarán unos a otros por medio de nodos formando el dominio completo (cuerpo o modelo) a analizarse. Matemáticamente sucede lo mismo, las propiedades obtenidas en función a la forma y leyes constitutivas del material tales como longitud, módulo elástico, sección transversal, inercia, módulo cortante, entre otros, pueden condensarse en matrices de rigidez elemental individual, que al conectarse con las matrices de otros elementos darán forma a la matriz global que contendrá las propiedades de todo el dominio, así al relacionarla con el entorno permitirán conocer el comportamiento que el modelo tendrá ante las fuerzas que actuarán sobre él.

Por lo tanto, para obtener los resultados de un análisis los ordenadores se rigen al principio que se muestra a continuación [56].

k_1 : matriz que contiene las propiedades de un elemento

$$k = \frac{E_2 \times A_2}{L_2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

E : módulo elástico

L : longitud del elemento

Dentro de k_2 se encuentran las propiedades de otro elemento expresada en matriz

$$k_2 = \frac{E_2 \times A_2}{L_2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dadas las matrices de todas divisiones se arma la matriz de rigidez global, ecuación 3, que tendrá una dimensión correspondiente a los grados de libertad que posee el modelo a analizar.

$$\text{matriz de rigidez global} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Finalmente, esta matriz global se relaciona con condiciones de entorno: cargas externas aplicadas al sistema y reacciones generadas por los apoyos, mediante un sistema de ecuaciones, tal como se aprecia en la ecuación 4, de esta manera solucionando este tipo de matrices se encuentran los desplazamientos de los nodos y las reacciones desconocidas. Básicamente es así como trabajan los programas que utilizan este tipo de análisis con la diferencia que la situación mostrada es simple en comparación de los infinitésimos cálculos realizados por un ordenador, para analizar el comportamiento de un modelo más aún si se aplica una división en elementos muy pequeños, se generaran mayor número de matrices de rigidez individuales [56].

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ F_1 \\ R_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

v : desplazamiento

F : fuerzas

R : reacciones

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Es importante realizar un análisis previo al diseño del equipo con el fin reducir posibles errores, establecer un orden a las funciones a realizar y relacionarlas, identificar problemas y plantear diversas soluciones para diseñar de la manera más acertada el molino dosificador.

El termino función global es el punto de partida del análisis ya que dentro de él encajan un conjunto de tareas que para su ejecución implican materia, trabajo, energía y herramientas. Identificar qué factores exigen estas tareas para ser realizadas; será muy útil para empezar con la estructura funcional.

La herramienta que se empleará para desglosar estas tareas de la función global es el diagrama de procesos.

2.1 Descripción del proceso para la producción de pasta para humitas

La producción de pasta de maíz para la elaboración de humitas es un proceso extenso, debido a que en el intervienen tres funciones principales: molienda, mezclado y dosificado, a razón de esto cada una de estas etapas se clasificaran en módulos que se estudiaran por niveles para realizar el análisis completo al final de citar cada uno de ellos.

2.1.1 Modulo1: molienda

Etapa 1: alimentación de granos de maíz

- Ejecución: carga manual

Criterio: implementar un dispositivo de reserva (tolva)

Etapa 2: ajuste adecuado de cuerpos molidores de acuerdo con la granulometría deseada

- Ejecución: manual

Criterio: el estado del grano de alimentación puede encontrarse en diferentes grados de madures, la calidad y consistencia de la pasta que se produce depende de este factor. Por lo que requiere diseñar un sistema regulable que permitan ajustar la separación de los discos.

Etapa 3: desplazamiento de granos hacia el cuerpo molidor

- Ejecución: mecánica

Solución: integración un sistema de transporte para granos

Etapa 4: trabajo de fragmentación.

- Ejecución: mecánica

Solución: se requiere emplear cuerpos molidores que ejerzan fuerzas de cizallamiento.

Etapa 5: salida de pasta de maíz o choclo

- Ejecución: por la acción de gravedad

Solución: contenedor de recolección.

2.1.2 Modulo2: mezclado

Etapa 6: verificar la consistencia de la pasta de maíz

- Ejecución: manual

Criterio: evaluar la consistencia de la pasta influye directamente en los sabores como en la textura de la humita. Sucede que cuando el grano es tierno este tiende a liberar mayor cantidad de líquidos, por lo que es necesario liberar la cantidad necesaria para que alcance la consistencia que se espera, de ser el caso insertar un sistema de tamizado ayudaría a controlar esta variable

Etapa 7: incorporación de ingredientes; huevos, mantequilla, cebolla, ajo, sal y especias.

- Ejecución: manual

Etapa 8: proceso de mezclado para obtener una pasta homogénea

- Ejecución: mecánica

Criterio: la pasta de maíz es suelta y poco densa por esta razón no necesita mucho esfuerzo o trabajo para mezclarla con los demás ingredientes, ante lo cual se puede optar por una mezcladora de paletas o cintas envolventes.

2.1.3 Módulo 3: dosificación

Etapa 9: entrada de pasta para humita al dosificador

- Ejecución: mecánica, neumática o hidráulica

Criterio: la pasta para humitas suele ser viscosa, no puede fluir por si sola para ser dosificada por lo que se requiere implementar un sistema de transporte para la misma.

Etapa 10: establecer la cantidad de dosificado

Solución: incorporar un sistema de regulación

- Ejecución: manual, establecida o regulable

Criterio: la dosificación manual presenta diversos inconvenientes en su ejecución, como el de no obtener una cantidad exacta en porcionamiento, la alternativa de implementar un sistema de dosificado es la mejor solución, ya que incrementará la producción, optimizar tiempo y se conseguirá un dosificado más exacto.

Etapa 11: salida de pasta de maíz en porciones establecidas

- Solución: Recolección del dosificado.

2.2 Diagrama del proceso de producción

Descrito el proceso para la preparación humitas, que parte desde la alimentación hasta el porcionamiento, se construye el diagrama de flujo de la figura 28, donde se presentan los procesos y subprocesos establecidos en el apartado 2.1, ubicadas en un orden cronológico de ejecución. Estas tareas en conjunto permiten alcanzar el proceso global en un intervalo de 60 minutos.

PROCESO GLOBAL : PRODUCCION DE PASTA PARA HUMITAS MAQUINARIA: MOLINO DOSIFICADOR		RESUMEN								
		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Nº						
		●	Operación	7						
		→	Transporte	1						
		■	Inspección	4						
		◐	Espera	0						
		▼	Almacenaje	1						
		Total de Actividades realizadas		13						
		Distancia total en metros		4						
		Tiempo min/hombre		60						
DESCRIPCION DEL PROCESO		Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	→	■	◐	▼	
1	Alimentar los granos de maiz	1	4,0	300,0		●				
1	Desplazar los granos hacia el sistema de molienda	1		360,0		●				
1	Ajustar de sistema de molienda	1		180,0				●		
1	Fraccionar los granos los granos de maiz	1		360,0		●				
2	Recolectar la pasta de maiz generada	1		360,0		●				
2	Verificar consistencia de la pasta	1		300,0				●		
2	Controlar el nivel de fluides de la pasta	1		300,0				●		
2	Agregar ingredientes	1		500,0		●				
2	Mezclar	1		300,0		●				
3	Transportar la mezcla	1		120,0		●				
3	Dosificar	1		520,0		●				
Tiempo Minutos:		60,0		4,0	3.600,0	Segundos				

Figura 30. Diagrama de flujo

2.3 Selección del sistema de molienda

Para realizar el molido se necesita un equipo de fragmentación, por lo que la solución para esta operación es elegir un molino para desarrollar esta acción que cumpla con las necesidades de la comunidad. La selección del molino se realiza considerando la materia prima o alimentación con la que se trabajara.

El tipo de molienda que se realiza para obtener pasta para humitas es húmeda, a razón de que maíz que se emplea tiene un grado de madurez medio entre tierno y seco por lo tanto tiende a desarrollarse en un medio con presencia de líquidos que generan los granos en este estado. La molienda no precisa de mucho esfuerzo para su ejecución como en el caso los granos secos. Por otro lado, para conseguir que el maíz se convierta en una pasta a la salida del molino el tamaño de molienda debe ser ultrafino, siendo este el criterio principal para la selección del equipo “granulometría a obtener”. En la tabla 7 se establecen los criterios de diseño esenciales para obtener un modelo eficiente.

Tabla 7. Tabla de ponderación para selección de molino [42]

Criterios	Ponderación	Molino de rodillo	Molino de martillos	Molino de discos
Granulometría media y fina	5	3	3	5
Dimensión	5	4	4	5
Contaminación del producto	5	2	3	5
Factibilidad de diseño	5	2	2	5
Costo	5	1	1	5
Ruido y vibración	5	4	2	5
Limpieza	5	1	1	5
Total	35	17	16	35
Selección	Ponderación	No clasifica	No clasifica	Sí clasifica

- **Contaminación de la pasta de maíz:** el material de fabricación no debe exponer al producto a riegos de contaminación [42].
- **Tamaño:** debe tener la capacidad de cubrir las perspectiva de producción, compacta, eficiente y adaptable a las limitaciones del área de trabajo [42].
- **Facilidad de construcción y montaje:** diseño de fácil ensamble para reducir costos de mantenimiento, operación y optimizar tiempos [42].
- **Costo:** es un factor gran importancia que se determina por precio del proceso de construcción.

- **Limpieza:** Las partes que se encuentran en contacto alimentos necesariamente deben ser removibles o que permitan el fácil acceso para realizar la limpieza y desinfección de estos después de cada molienda [42].
- **Ruido y vibración:** que no altere el entorno de los operarios o el ambiente, este debe encontrarse dentro de rangos permitidos [42].

De acuerdo a la tabla 7 de ponderación, la alternativa de molino idóneo se califica con un puntaje de (5 el mejor y 0 el peor). Se califica referente a las características y prestaciones de los molinos, obteniendo mayor calificación aquellos que más se acerquen a los parámetros descritos en la rúbrica propuesta [42]. Según esta tabla se considera que el molino de discos es el más adecuado, obteniendo la más alta calificación. Actualmente el más utilizado y difundido por la marca corona como molinos domésticos funcionales, de precios accesibles, brindan excelentes prestaciones de molienda de maíz, siendo muy empleado en la preparación casera de humitas debido a que el mecanismo brinda una pasta de consistencia adecuada.

2.4 Selección del sistema de mezclado

El equipo para realizar el mezclado de la pasta de maíz ha sido facilitado por la Asociación de servicios “Alimentando con Sabiduría”, y gira a 120 rpm, la misma que se empleara para agitar 40Kg de mezcla con los ingredientes, para luego pasar a la dosificación.

2.5 Selección del sistema dosificador.

La selección se realiza de acuerdo a la función que el dosificador debe cumplir en la máquina. A continuación, se presentan los requerimientos que exige este proceso:

- Dosificar sustancias densas y viscosas.
- Adaptable a trabajar con cualquier tipo de producto líquido y semilíquido con la posibilidad de regular la cantidad de dosificación, a manera que se pueda emplear en otras aplicaciones.
- Velocidad regulable de descarga
- Operación manual y automática
- Movilización fácil.
- Desmontable de armado sencillo y rápido tanto para facilitar la limpieza como el mantenimiento.

- Emplear material AISI 304 en las superficies de contacto con el producto alimenticio, a razón que este material cumple con normativas sanitarias, garantizando que este equipo sea calificado dentro las buenas prácticas de manufactura [43].

2.5.1 Alternativas

Se han citado diferentes tipos de dosificadoras, sin embargo, tomando como referencia los parámetros postulados la alternativa que mejor se ajusta al proceso es la dosificadora volumétrica. El sistema seleccionado suele trabajar con cilindros de doble o simple efecto que pueden ser accionados neumática o mecánicamente, por lo que a continuación se describen las ventajas y desventajas que poseen estos mecanismos, con el fin de seleccionar el adecuado para el equipo [43].

- Sistema mecánico.

- Transmite gran potencia y desplazamientos largos del pistón dentro del cilindro de llenado.
- Se accionan con motores eléctricos que necesariamente deber trabajar con dispositivos que permitan regular las rpm de salida, debido a que el motor determina la velocidad de dosificación.
- Los elementos mecánicos que lo componen poseen mayor resistencia y vida útil que los neumáticos [43].
- Los componentes son costosos en relación a las dosificadoras volumétricas neumáticas
- El ensamble es complejo [43].

- Sistema neumático.

- Trabaja sin inconvenientes en ambientes de temperaturas variables.
- El sistema es accionado por aire comprimido lo cual representa un ahorro de energía eléctrica considerable.
- Sus componente son de peso ligero desarmables y de fácil ensamblado 43].
- Es necesario controlar y supervisar constante mente el flujo de aire comprimido para evitar sobrecargas en los elementos neumáticos.

- Requiere la integración de la unidad de mantenimiento que se encarga de purgar el aire comprimido a manera que los productos de dosificación no se contaminen con partículas o agentes extraños que pueda contener el aire.
- Producen ruidos por escape de aire.
- Los elementos que componen el sistema son fáciles de adquirir, pero propensos a averiarse [43].

La tabla 8 resume las ventajas y desventajas descritas, con la finalidad de calificar las características que tienen en común estos sistemas, recibiendo ponderación alta aquellas que cumplan con los exigencias del proceso y agreguen versatilidad al sistema. Como resultado se obtiene que el sistema neumático (alternativa 2) es la opción que más se acerca a los requerimientos planteados.

Tabla 8. Selección de sistema de dosificación [43]

Criterio de ponderación	Ponderación ideal	Alternativa 1	Alternativa 2
Tamaño	5	4	4
Peso	5	2	3
Costo	5	4	5
Facilidad de construcción	5	4	4
Facilidad de montaje	5	3	4
Mantenimiento	5	3	4
Resistente a la corrosión	5	4	4
Ruido	5	4	4
Total	40	28	32
Aplica		No	Si

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SIMULACION DE ELEMENTOS MECANICOS

En este capítulo se diseñan las partes que conformarán el molino dosificador seleccionando materiales resistentes al entorno y las fuerzas que se apliquen, el comportamiento de estos elementos se predirá a través de cálculos y entornos de simulación que ofrecen programas especializados de diseño como “Inventor profesional”

3.1 Dimensionamiento de tolva

Como solución para la etapa 1 que se presenta en el módulo de molienda, mostrado en el apartado 2.1.1, donde se establecen las tareas a realizarse se genera la necesidad de alimentación como punto de inicio para la cual se diseña una tolva de almacenamiento por donde ingresara el material a moler, el dimensionamiento se realiza en base a una capacidad de 40 kg , la geometría de su estructura será de forma rectangular, obsérvese figura 29, esta configuración permitirá que la alimentación fluya fácilmente hacia el transportador al tener una sección amplia de ingreso que evita el estancamiento de granos de maíz .

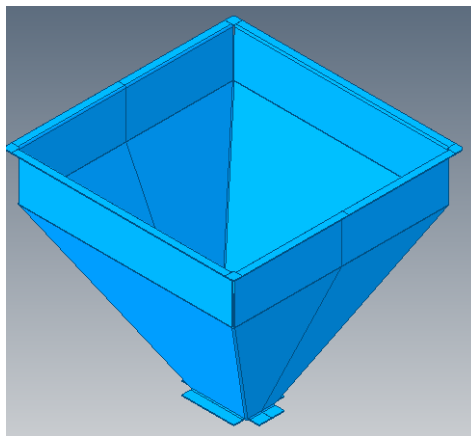


Figura 31.Tolva de alimentación

3.1.1 Cálculo de volumen

Mediante la ecuación 3, se calcula las dimensiones necesarias que debe de tener la tolva para contener el volumen que ocupe 40 kg de maíz en grano en la geometría descrita.

$$v_T = \frac{m_T}{\rho} \quad (5)$$

Donde:

v_T = volumen de maiz en grano a contener[m³]

m_T = masa total de maiz[Kg]

ρ = densidad aparente del maiz $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

La densidad con la que se trabaja en esta ecuación es la densidad aparente que se emplea cuando se tienen granos o semillas dentro de un volumen, ya que, esta considera aquellos espacios vacíos que se forman entre ellos por la diferencia de tamaños y formas irregulares que poseen.

Datos:

$m_T = 40[\text{Kg}]$

$\rho = 320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

Remplazando datos en la ecuación 3, se calcula el volumen de materia prima

$$v_T = \frac{40\text{kg}}{320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]}$$
$$v_T = 0.125 [\text{m}^3]$$

En el software de diseño Inventor se modela una tolva capaz de contener dentro ella el volumen de material calculado. Para comprobar que esta abarca la cantidad señalada, se obtiene el volumen interno de la tolva obsérvese figura 32.

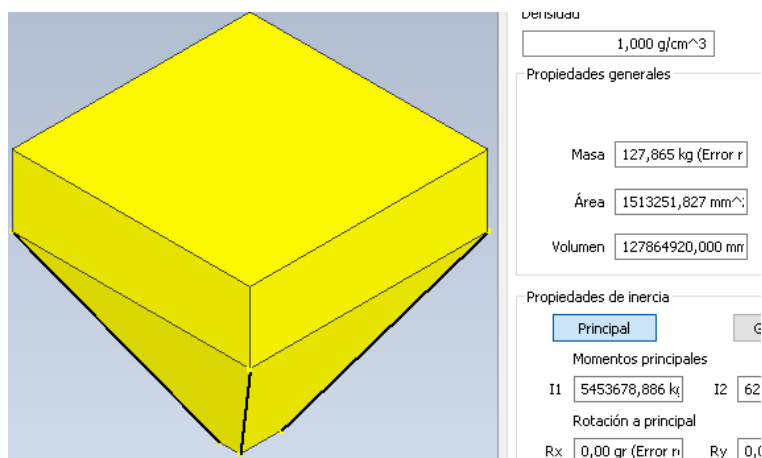


Figura 32. Volumen interno de la tolva

$$v_T = 127864920 \text{ mm}^3 \gg v_T = 0.128 \text{ m}^3$$

Comparando resultados se evidencia que el volumen del diseño es mayor al calculado, por lo tanto, se considera que el dimensionamiento es adecuado. Sin embargo, es recomendable dar un sobredimensionamiento moderado de capacidad normal para evitar derrames del material contenido.

Por lo tanto, se aprueban las dimensiones que se han empleado en el modelamiento de la tolva, cotas que se presentan en la figura 33.

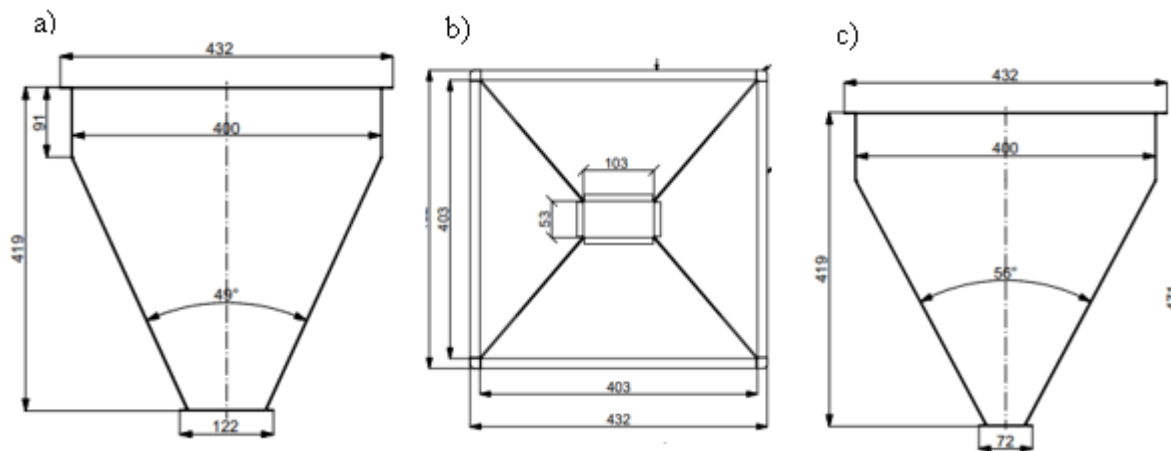


Figura 33. Tolva- vista a) frontal - b) superior - c) Lateral

El dimensionamiento general a detalle de la tolva se muestra en el anexo 1,

3.1.2 Selección de material

En vista que este elemento tiene contacto directo con un producto alimenticio, se seleccionan laminas ASTM A-240 TP 304 de espesor 1.5 mm para el proceso de chapa metálica para su creación.

3.2 Diseño del Sistema de transporte helicoidal

La función principal de este elemento es permitir a los discos del molino proveerse de material para realizar la molienda, haciendo de él un sistema de transporte helicoidal.

En el manual de Martin “Diseño de transportadores helicoidales” se describe el proceso para diseñar transportadores helicoidales, dimensionando en base a la capacidad requerida y el tipo de alimento a transportar para lo cual emplean tablas y ecuaciones las mismas que se toman de referencia y guía para del diseño del sistema a desarrollar.

Antes de comenzar con el dimensionamiento es importante identificar las partes que componen este sistema, obsérvese figura 34.

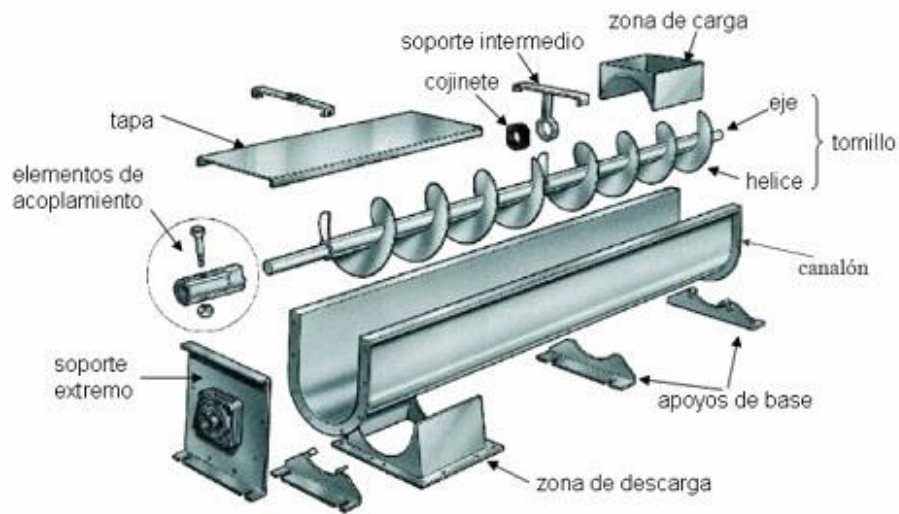


Figura 34. Componentes de un sistema de transporte helicoidal [44]

Los componentes a diseñar, de aquellos que se observan en la figura 32, son: el canalón, el eje y la hélice. El restante de elementos son partes estandarizadas de ajuste, instalación y acoplamiento.

3.2.1 *Diseño de tornillo transportador*

Para la construcción de un tornillo sin fin es necesario calcular el diámetro del eje, el diámetro de la hélice envolvente y el paso, datos requeridos para dar forma al sin fin, tal como se aprecia en la figura 33.

Por lo tanto, se inicia calculando el diámetro la hélice.

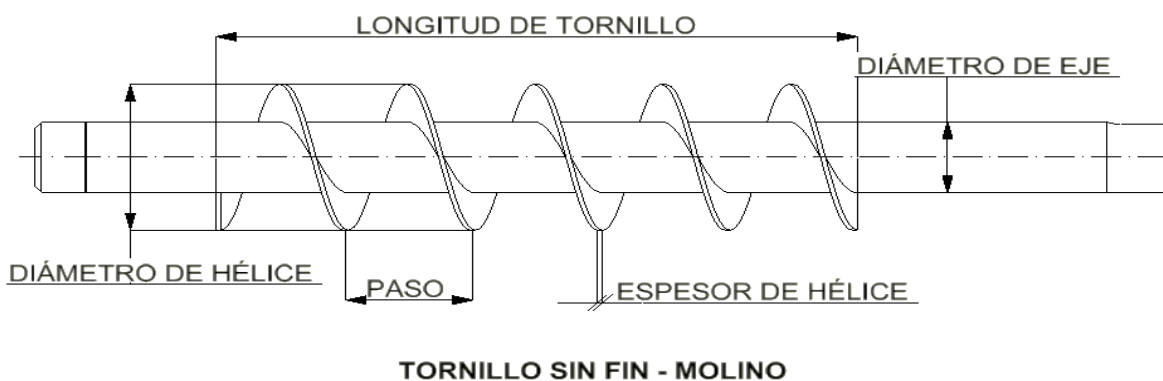


Figura 35. Tornillo sin fin

3.2.2 Diámetro de hélice envolvente del transportador

Se calcula por medio de la ecuación 6

$$D_h = \frac{0.026525 * Q_T}{\omega * L_f * d_m * C_i} \quad (6)$$

Donde:

Q_T = Tamaño de alimentacion $\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right]$

ω = rpm del motor [rpm]

L_f = longitud del transportador helicoidal [m]

d_m = Densidad del maíz $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

C_i = angulo de inclinacion

Datos:

$Q_T = 40 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right]$

$\omega = 108$ [rpm] valor recomendado para desplazar alimentos livianos.

$L_f = 0,192$ [m]

$d_m = 320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

$C_i = 1$ (El transportador no se encuentra inclinado)

Reemplazando

$$D_h = \frac{0.026525 * 40}{108 * 0.192 * 320 * 1}$$
$$D_h = 0.052 \text{ [m]} \gg 52[\text{mm}]$$

3.2.3 Diámetro del eje del transportador

Se calcula mediante la ecuación 7, donde el valor de k es constante por el paso seleccionado.

$$D_e = k * D_h \quad (7)$$

Donde:

$D_e =$ Diametro del eje [m]

$k =$ Coeficiente de diametro de eje

$D_h =$ diametro de la helice del sin fin [m]

Datos

$k = 0.44$

$D_h = 0.052[m]$

$$D_e = 0.44 * 0,052$$

$$D_e = 0.026 [m] \gg 26 [mm]$$

3.2.4 Paso

De acuerdo con la tabla 9 se elige un paso corto, debido a que el material que no fluye fácilmente, característica que se refleja en la tabla 10, en el código E35 que corresponde al maíz en grano cuya fluidez es promedia.

Tabla 9. Factores de capacidad para transportador. [45]

Paso	Descripción	CF1
Estándar	Paso = Diámetro del helicoidal	1
Corto	Paso = 2/3 Diámetro del helicoidal	1.5
Medio	Paso = 1/2 Diámetro del helicoidal	2
Largo	Paso = 1 1/2 Diámetro del helicoidal	0.67

La tabla 10, describe las características físicas del maíz que influyen en la transportación.

Tabla 10. Características del material- maíz [45]

Material: maíz en grano		
Código: E35		
Características del material		
Tamaño	E	Irregular: fibroso, cilíndrico
Fluidez	3	Promedio
Abrasividad	5	Media

Si el paso es igual a 2/3 el diámetro del helicoidal

$$p = 0.052[\text{m}] * \frac{2}{3}$$

$$p = 0.038[\text{m}] \gg 38[\text{mm}]$$

Obtenidos los datos necesarios paso, diámetro de hélice y diámetro del eje, se obtiene el tornillo sin fin cuyas medidas se observan la figura 36.

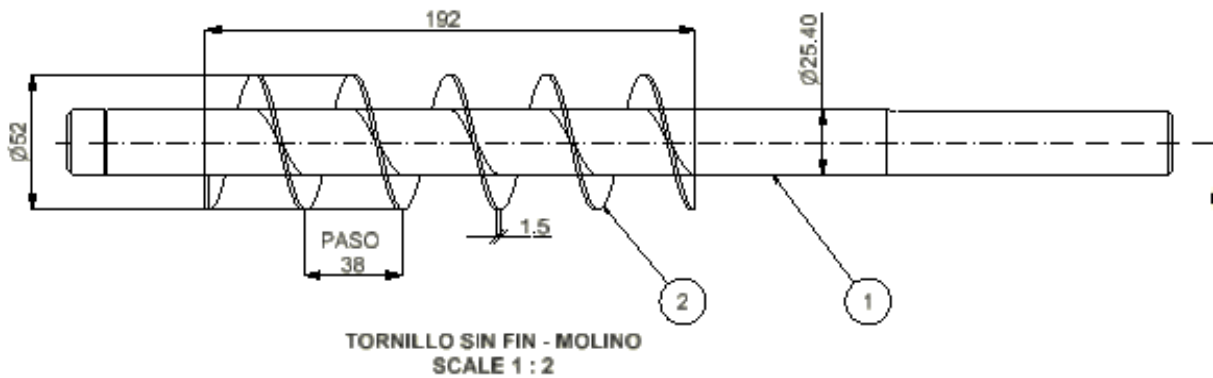


Figura 36. Dimensionamiento de sin fin

Debido a que sobre el externo derecho del eje se insertará concéntricamente el disco móvil y en el extremo izquierdo se debe acoplar al motorreductor que transmitirá el movimiento rotacional se extiende la longitud del eje, modificación que se observa en la figura 37 y anexo 2.

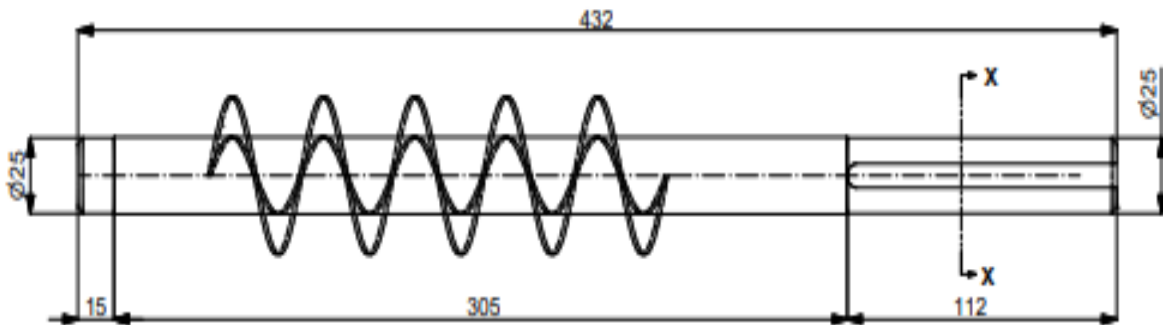


Figura 37. Dimensionamiento de sin fin

3.2.5 Validación de diseño

Se analiza el dimensionamiento del tornillo transportador mediante el método de elementos finitos, para lo cual, se obtienen las fuerzas que actuarán sobre el elemento y se determina los

esfuerzos máximos que este soportara, comprobando si el material y dimensionamiento es adecuado.

- Análisis de cargas en el tornillo sin fin

El objetivo de realizar el análisis de esfuerzos es validar el diseño de manera que cuando el eje se someta a las fuerzas aplicables sobre él, no generen fallas en su estructura, para lo cual, primero se debe identificar las fuerzas ejercidas sobre el eje considerando las siguientes:

Cargas puntuales:

F_1 = Peso del disco que se inserta en el extremo del transportador

$$F_1 = 13.70 \text{ [N]} \gg 0.014 \text{ [kN]}$$

F_2 = Fuerza para fraccionamiento del grano

$$F_2 = 0.6 \text{ [kN]}$$

Fuerza distribuida

F_3 = El peso generado por los granos de maiz en el tornillo sin fin

$$T_d = 1.77 \text{ [N - m]}$$

Conocidas las fuerzas a que se aplican sobre el eje, se realiza el diagrama de cuerpo libre de la figura 38.

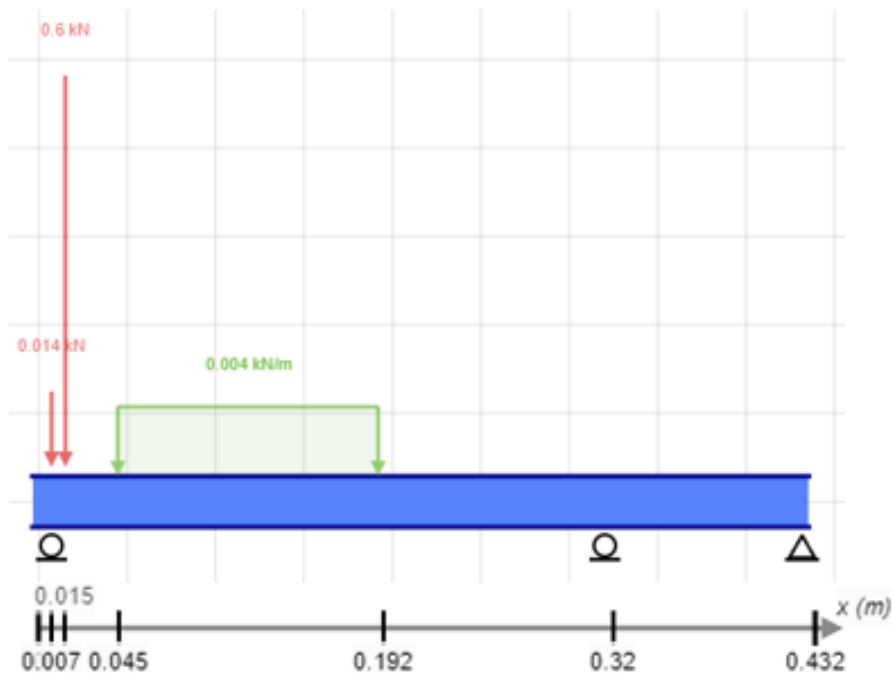


Figura 38. Diagrama de cuerpo libre

De acuerdo con el diagrama el eje del sin fin se encuentra sobre 2 apoyos de rodamiento y un fijo de donde se trasmite el movimiento rotacional del motor.

Aplicadas las condiciones de equilibrio en el plano X-Y, mediante el software de diseño Inventor Profesional, se obtienen las fuerzas generadas en los apoyos y los diagramas de momento flector y esfuerzo cortante mostradas en las tablas 11, 12 y figuras 39 y 40.

Tabla 11. Reacciones en los apoyos

Distancias	Reacciones en X	Reacciones en Y
0.432 m	0 N	-16 N
0.007 m	0 N	593 N
0.32 m	0 N	37 N

Determinadas las fuerzas, se obtiene el diagrama del momento cortante máximo, en figura 39, se observa que el momento cortante máximo se da en la sección central del eje del tornillo sin fin

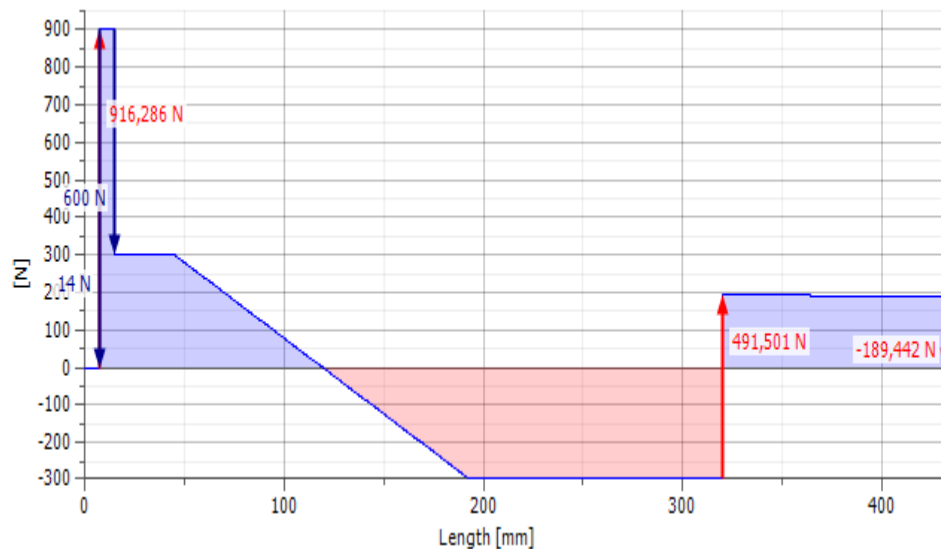


Figura 39. Momento cortante

En la figura 40 se observa que las fuerzas aplicadas al eje tienen producen un momento flector positivo.

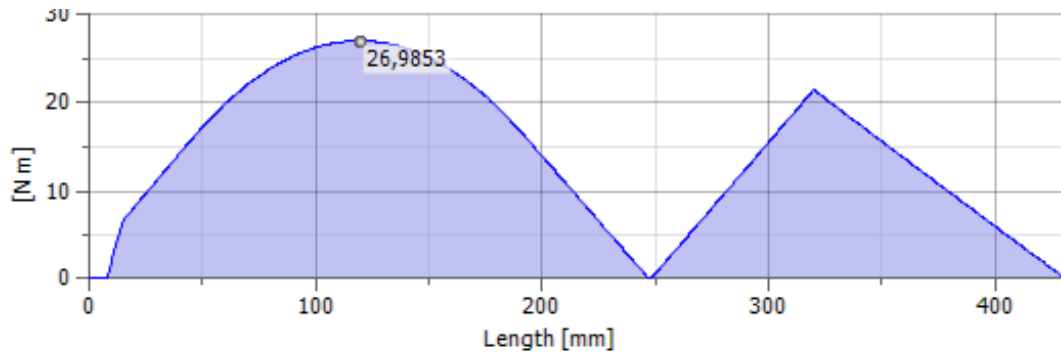


Figura 40. Momento flector

En la tabla 12, se observan los datos que se requieren para calcular el esfuerzo de Von Mises.

Tabla 12. Esfuerzos Resultantes

Resultados	Max
Momento Flector	5 N-m
Esfuerzo cortante	579 N

El momento flector máximo, tal como se aprecia en la tabla 12, es de 5 N-m, dato que al ser remplazado en la ecuación 7, permite analizar el eje mediante el criterio de Von Mises calculando el esfuerzo máximo que resiste el diseño este valor se compara con el límite de fluencia del material a utilizarse, la tensión admisible debe ser mayor a la tensión de Von mises para considerar que el sin fin trabaja sin presentar daños en su estructura.

El material del tornillo sin fin es acero inoxidable AISI 304 que posee un coeficiente elástico de 205 MPa.

Por lo tanto, la tensión admisible es:

$$\sigma_{adm} = 205 \text{ MPa}$$

Para que no exista daños internos en el eje la tensión normal tiene que ser menor a la tensión admisible

$$\sigma_{adm} > \sigma_n$$

Para calcular la tensión normal del diseño se emplea la ecuación 8

$$\sigma_n = \frac{M_z}{w} \quad (8)$$

Donde:

M_z = momento flector máximo [N – m]

w_z = modulo resistente elástico [m³]

Fs =1.5 factor de seguridad (se considera Fs. mayor a1)

El módulo resistente elástico se calcula con la ecuación 9

$$w = \frac{M_z}{fs * \sigma_{adm}} \quad (9)$$

$$w = \frac{5 \text{ [N – m]}}{205 \times 10^6 \text{ Pa} * 1,5}$$

$$w = \frac{5 \text{ [N – m]}}{205 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 1,5}$$

$$w = \frac{5 \text{ [N – m]}}{205 \times 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] * 1,5}$$

$$w = 0.000000025 \text{ [m}^3 \text{]}$$

Remplazando datos en la ecuación 8

$$\sigma_n = \frac{5 \text{ [N – m]}}{0.000000025 \text{ [m}^3 \text{]}} = 200 \text{ [MPa]}$$

Tensión de Von mises, ecuación 10

$$\sigma_{vM} = \sqrt{\sigma^2 + 3T_{xy}^2} \quad (10)$$

Donde:

T_{xy} = tension tangencial , se calcula con la ecuación 11

$$T_{xy} = \frac{M_z * C}{J} \quad (11)$$

Donde:

M = momento flector [N – m]

C = radio de sección [m]

J = momento de inercia – ecuación 12

$$J \equiv \frac{\pi d^4}{32} \quad (12)$$

Donde:

d = diámetro del eje [m]

Remplazando se obtiene que el momento de inercia es

$$J \equiv \frac{\pi (0.025 \text{ m})^4}{32}$$
$$J = 0.00000003835 \text{ [m}^4\text{]}$$

Remplazando en la ecuación 10

$$T_{xy} = \frac{5 \text{ [N - m]} * 0.0125 \text{ m}}{0.00000003835 \text{ m}^4}$$
$$T_{xy} = 16297262.083 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$
$$T_{xy} = 16.29 \text{ MPa}$$

Remplazando datos en la ecuación de Von mises

$$\sigma_{vM} = \sqrt{200^2 + 3(16.29)^2}$$

$$\sigma_{vM} = 180 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = 205 \text{ MPa} > \sigma_{vm} = 180 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} = 205 \text{ MPa} > \sigma_n = 196 \text{ MPa}$$

Los esfuerzos obtenidos muestran que el sin fin trabajara sin deformaciones, al ser el esfuerzo admisible mayor a esfuerzo de Von Misses.

3.2.6 Análisis de elementos finitos en el tornillo transportador

Para determinar si el tornillo transportador diseñado soportara las fuerzas aplicadas sin presentar deformaciones se realiza el análisis de este, mediante el software computacional Inventor, donde al simular las cargas actuantes sobre el tornillo, los datos obtenidos de la tensión de Von misses, factor de seguridad y desplazamientos verificaran la validez del diseño.

Para esto, se considera la carga generada por el peso del disco insertado en el externo del eje de 0.014 KN, la fuerza resistente que presentan los granos de maíz al ser molidos 0.6 KN y una carga distribuida a lo largo de las hélices del sin fin producto de la transportación de la materia prima, 0.00409 KN- m, para conocer el comportamiento de este componente se colocan los apoyos que sostienen al tornillo y una malla fina para obtener resultados precisos.

Mediante la simulación se obtiene que el esfuerzo máximo de Von mises que soporta el tornillo es de 174.3 MPa, Figura 41, siendo esta menor al esfuerzo de fluencia del material de 205 MPa, por lo tanto, no existirá deformación permanente ya que trabaja debajo de la zona plástica. siendo el sector más crítico aquella sección donde se insertan los discos de fraccionamiento

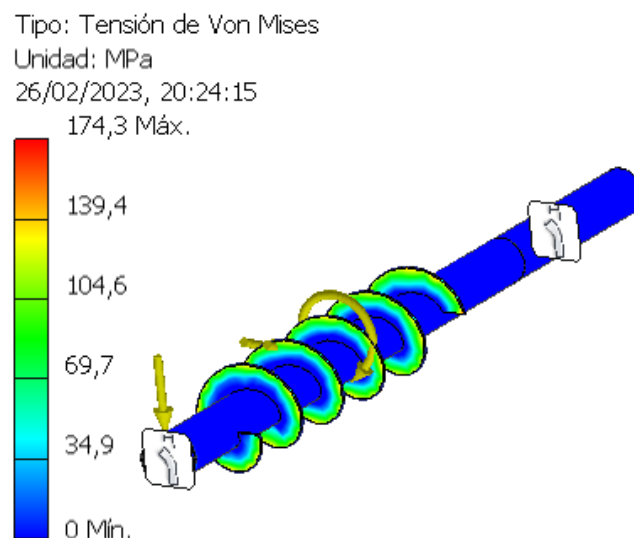


Figura 41. Tensión de Von Mises

En la figura 42, análisis de desplazamiento indica que existe un desplazamiento de 0. 1253 mm en las aristas de la hélice, esta distancia, aunque no es muy considerable, con el paso del tiempo existirá mayor desgaste en estas áreas.

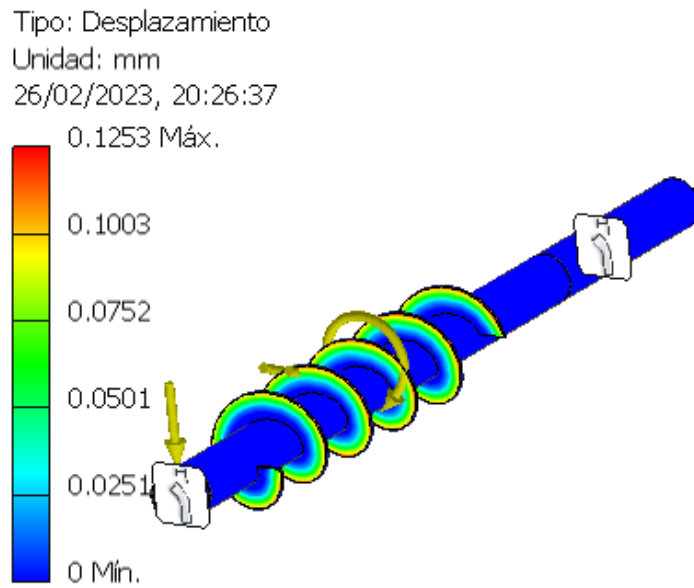


Figura 42. Desplazamiento

En la figura 43, se observa que el tornillo transportador posee un factor de seguridad de 1.42, es decir que este factor no permitirá que material sobrepase su límite de fluencia a causa de la carga aplicada ya que soportara hasta el incremento de esta magnitud, por lo cual se considera el diseño como seguro.

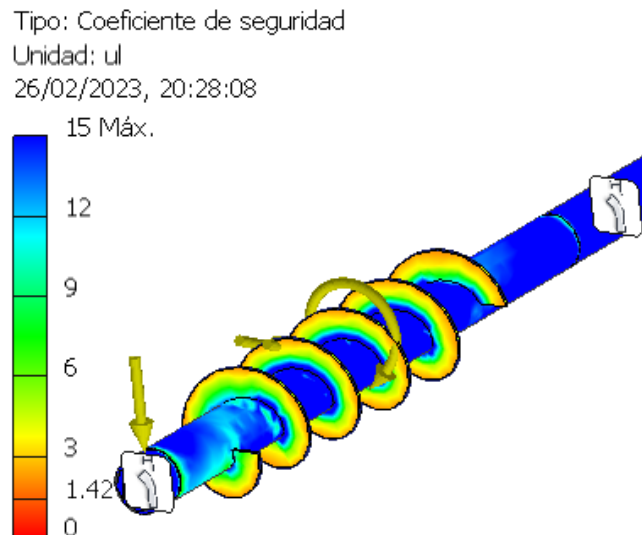


Figura 43. Factor de seguridad.

3.2.7 Velocidad angular de tornillo transportador

La velocidad para dispositivos de transporte estándar se puede calcular empleando la siguiente ecuación 13.

$$n_s = \frac{\text{Capacidad equivalente en } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\text{Capacidad de } \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ a 1rpm}} \quad (13)$$

Donde

n_s = Revoluciones por minuto del helicoidal [rpm]

Para calcular la capacidad equivalente primero se debe conocer la capacidad requerida empleando la ecuación 14.

$$C_{\text{req}} = \frac{cm}{\partial} \quad (14)$$

Donde:

C req = Capacidad requerida

d = Densidad aparente del maíz

Datos:

Cm = 40 kg

$\partial = 320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Reemplazando se obtiene:

$$C_{\text{req}} = \frac{40 \text{ [kg]}}{320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}$$
$$C_{\text{req}} = 0.125 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Con el dato de la capacidad requerida se procede a calcular la capacidad equivalente mediante la ecuación 15.

$$C_{\text{eq}} = C_{\text{req}} * C_{f1} * C_{f2} * C_{f3} \quad (15)$$

Para encontrar los valores de Cf_1 , Cf_2 y Cf_3 se ingresa a la tabla 13, por el material de alimentación.

Tabla 13. Materia para transporte helicoidal [45].

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento	Series de Componentes	Factor de Material F_m	Carga de Artesa
Maíz, medio molido	40-45	B6-35P	L-S-B	1	0.5	30A
Maíz, germen	21	B6-35PY	L-S-B	1	0.4	30A
Maíz, grano*	56	E-35	L-S	2		30A
Maíz, harina	32-40	B6-35P	L-S	1	0.5	30A
Maíz, mazorca, entera*	12-15	E-35	L-S	2		30A
Maíz (olote, molido)	17	C1/2-25Y	L-S-B	1	0.6	45
Maíz en semilla, quebrado	40-50	B6-25P	L-S-B	1	0.7	45
Maíz Machacado, Seco	35-50	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, aceite de, pasta	25	D7-45HW	L-S	1	0.6	30A

El dato para extraer de esta tabla es la carga de artesa, que para el maíz en grano es de 30 A.

La carga de artesa es el nivel carga al que trabaja el transportador helicoidal para evitar estancamientos o acumulación de la alimentación.

De la tabla 14 el valor de Cf_1 es de 1.50 debido a que la hélice del transportador es paso corto.

Tabla 14. Factores de capacidad para transportador con paso especial [45]

Paso	Descripción	CF1	
			Pasos
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1	1.00
Corto	Paso = 2/3 Diámetro del Helicoidal	1.5	0.67
Medio	Paso = 1/2 Diámetro del Helicoidal	2	0,50
Largo	Paso = 1.1/2 Diámetro del Helicoidal	0.67	1.50

Si tipo de helicoidal es estándar, el factor Cf_2 será igual a 1.57, obsérvese tabla 15

Tabla 15. Factores de capacidad para transportador helicoidal especial [45]

Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal Estándar	1.00	1.00	1.00
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doble	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

Para el factor Cf_3 , según la tabla 16, es de 1, a razón de que no posee paletas en sus ranuras del helicoidal

Tabla 16. Coeficiente por presencia de paletas [45].

Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso	CF3
Factor CF	Ninguna paleta	1.00
	Una paleta	1.08
	Dos Paletas	1.16
	Tres paletas	1.24
	Cuatro paletas	1.32

Seleccionados los factores, se remplazan en la ecuación 15.

Datos:

$$C_{req} = 0.125 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$Cf_1 = 1.50$$

$$Cf_2 = 1.57$$

$$Cf_3 = 1$$

$$C_{eq} = 0.125 \left[\frac{m^3}{h} \right] * 1.50 * 1.57 * 1$$


$$C_{eq} = 0.29 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Conocida la capacidad equivalente procedemos a remplazar los datos en la ecuación 11.

La capacidad en $\frac{pie^3}{h}$ a 1 rpm este dato se encuentra en la tabla 17, donde, sirviendo de guía el

porcentaje de artesa, tenemos un valor $0.10 \left[\frac{pies^3}{h} \right]$

Tabla 17. Capacidad pies cúbicos por hora (RPM) [45]

Carga de Artesa	Codificado	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		
			A 1 RPM	A Máx. RPM	Máx. RPM
 30A	30A4	4	0.10	53	130
	30A6	6	1.49	180	120
	30A9	9	5.45	545	100
	30A10	10	7.57	720	95
	30A12	12	12.9	1160	90
	30A14	14	20.8	1770	85
	30A16	16	31.2	2500	80
	30A18	18	45	3380	75

Remplazando

$$0.10 \left[\frac{\text{pies}^3}{\text{h}} \right] * \frac{1 \text{ m}^3}{35.32 \text{ pies}^3} = 0.0028 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$n_s = \frac{0.29 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{0,0028 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} * 1 \text{ rpm}$$

$$n_s = 103 \text{ rpm}$$

Se determina que el transportador helicoidal girara a una velocidad de 103 revoluciones por minuto.

3.2.8 Velocidad de desplazamiento del eje del transportador

Expresado en m/s. se calcula mediante la ecuación 16

$$V_d = \frac{P * \eta_s}{60} \tag{16}$$

Donde:

V_d = velocidad de desplazamiento [m/s]

p = paso del tranportador [m]

n_s = velocidad angular del transportador [rpm]

Datos

$p = 38 \text{ mm} = 0.038\text{m}$

$n_s = 103 \text{ [rpm]}$

Remplazados datos tenemos que:

$$V_d = \frac{0.038[\text{m}] * 103[\text{rpm}]}{60}$$

$$V_d = 0.065[\text{m/s}]$$

3.3 Área transversal del canalón

Se denomina así a la superficie que contiene al sin fin que consta de una entrada de alimentación (figura 40). El área del canal circular se calcula con la ecuación 17

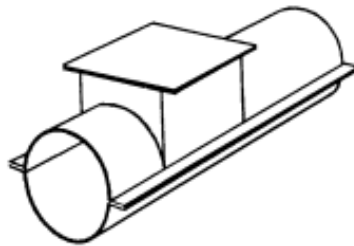


Figura 44. Canalón o artesa [45]

$$S = \frac{\lambda * D_h^2}{4} \tag{17}$$

Donde:

S = Superficie de canoa [m]

λ = Factor de nivelado (tabla 13)

D_h = diámetro de hélice de transportador

El factor de nivelado se encuentra la tabla 18, el valor se selecciona de acuerdo con las características de alimentación, en este caso el maíz suele ser ligero y de poca abrasividad.

Tabla 18. Factor de desnivelado [45].

Condición de carga	λ
Pesada abrasiva	0.125
Pesada poco abrasiva	0.25
Ligera poco abrasiva	0.32
Ligera no abrasiva	0,4

Datos

$$\lambda = 0.32$$

$$D_h = 0.052 \text{ [m]}$$

Remplazando

$$S = \frac{0.32 * (0.052\text{m})^2}{4}$$

$$S = 0.0021 \text{ m}^2$$

$$A_C = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A_C}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0,0021}{\pi}}$$

$$r = 0,0275 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro interno de canalón} = 0.0275 \text{ [m]} * 2 = 0.055 \text{ [m]}$$

$$0.055 \text{ [m]} \gg 55 \text{ [mm]}$$

3.3.1 Modelo del sistema transportador calculado

El diseño resultante se aprecia en la figura 45, su dimensionamiento general se presenta en el anexo 3. El cual posee una sección de alimentación por donde ingresarán los granos de maíz. Además, se han incorporado elementos de nivelación e instalación, tales como rodamientos, soportes y acoples tanto para el motor a instalarse como para acoplar la tolva de alimentación. Cabe recalcar que todos los elementos que constituyen la maquina serán desmontables para facilitar la limpieza.

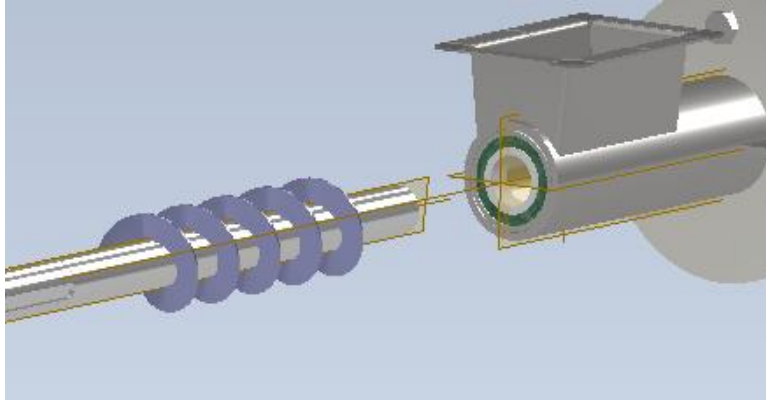


Figura 45. Modelo resultante de diseño

3.4 Capacidad de procesado

La capacidad de procesado del transportador será igual capacidad de procesado de los discos, ya que esta direcciona el flujo de alimentación para la molienda, siendo esta la capacidad de trabajo de todo el sistema de molienda, medida en kg/h, la misma que se obtiene mediante la ecuación 16.

$$C_p = 3600 * S * V_d * d * k \quad (18)$$

Donde:

C_p = Capacidad de procesado $\left[\frac{Kg}{m}\right]$

S = Área del canoa $[m^2]$

V_d = Velocidad de desplazamiento del transportador $[m/s]$

d = Densidad del maíz $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

k = Coeficiente de disminución del flujo

Datos:

$S = 0.0021 [m^2]$

$V_d = 0.065 [m/s]$

$d = 320 \left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

$k = 1$ (tabla 19)

Tabla 19. Inclinación del canalón o artesa [45]

Inclinación °	% Reducción	Factor c	Inclinación °	% Reducción
0	0%	1.00	0	0%
1	1%	0.99	10	10%
2	2%	0.98	15	26%
3	3%	0.97	20	45%
4	4%	0.96	25	58%
5	5%	0.95	30	70%
6	6%	0.94	35	78%

El canalón no está inclinado por lo que el grado de inclinación será igual a cero grados con un coeficiente de 1

Remplazando datos se tiene que:

$$C_p = 3600 * 0.0021 * 0.065 * 320 * 1$$

$$C_p = 120 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$$

Esto quiere decir que el molino es capaz de procesar 120 kg de maíz desgranado en una hora, procesando la cantidad de 40 Kg en 20 minutos aproximada mente.

3.4.1 Flujo de material transportado

El flujo tiene ser menor a la capacidad de procesado, de lo contrario se provocaría el amontonamiento de maíz debido a que existe una sobrealimentación que no alcanza a ser procesada.

Se calcula con la ecuación 19.

$$Q = 60 * A_T * p * n_s * F_m * d * k \quad (19)$$

Donde:

A_T = Área transversal de canoa [m²]

p = Paso de hélice de transportador [m]

n_s = Velocidad angular del transportador [rpm]

F_m = Factor de material

d = Densidad del material de trabajo $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$

k = Coeficiente de inclinación del transportador

Datos:

$$A_T = 0.0021[\text{m}^2]$$

$$p = 0.038 [\text{m}]$$

$$n_s = 103 [\text{rpm}]$$

$$F_m = 0.4 (\text{Tabla 13})$$

$$d = 320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$k = 1 (\text{Tabla 18})$$

Remplazando se tiene que la capacidad de procesado del molino es

$$Q = 60 * 0.0021 * 0.038 * 103 * 0.4 * 320 * 1$$

$$Q = 63 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$C_p = 120 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] > Q = 63 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Conociendo que la capacidad de procesado del molino es mayor al flujo de alimentación, se deduce que el diseño no se producirá atascamiento.

3.5 Potencia requerida para el accionamiento

Se expresada en HP es, aquella fuerza necesaria para accionar el equipo se calcula a través de la ecuación 20

$$P_T = P_H + P_V + P_j. \quad (20)$$

Donde

P_T = Potencia de accionamiento del transportador [HP]

P_H = Potencia por el material transportado [HP]

P_V = Potencia para el accionamiento en vacío [HP]

P_j = Potencia de accionamiento en inclinación [HP]

De acuerdo con la ecuación expresada requerimos calcular los valores de P_H y P_V los cuales se conocerán a través de las ecuaciones 19 y 20. El valor de P_j será igual a cero debido a que el transportador no tiene inclinación.

$$P_H = \frac{T_m * n_s}{6300} \quad (21)$$

Donde

T_m = Torque para requerido para transportar el material [N – m]

n_s = Velocidad angular del transportador [rpm]

Para remplazar los valores, se debe calcular el valor de T_m con la ecuación 22

$$T_m = \frac{C_p * l_T * d * f_\gamma}{n_s} \quad (22)$$

Donde:

T_m = Torque [N – m]

C_p = Capacidad de procesado $\left[\frac{m^3}{min} \right]$

l_T = Longitud del transportador [m]

d = Densidad del maiz $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

f_γ = Fator de rozamiento

Datos:

$$C_p = 120 \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \frac{78}{320} * \frac{1000}{60} = 4.06 \left[\frac{m^3}{min} \right]$$

$$l_T = 0.192 \text{ [m]}$$

$$d = 320 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$f_\gamma = 0.3$$

Remplazando

$$T_m = \frac{4.06 * 0.192 * 320 * 0.3}{85}$$

$$T_m = 1.138 * \left[\frac{2.205}{2\pi * 0.0254} \right] = 15.73 \text{ [N - m]}$$

Remplazando valores en la ecuación 22, se obtiene la potencia necesaria para transportar los granos de maíz

$$P_H = \frac{15.73 * 85}{6300}$$

$$P_H = 0.212 \text{ HP}$$

Potencia para accionamiento en vacío

$$P_V = \frac{Dh * l_T}{20} \quad (23)$$

Donde

Dh = Diámetro de hélice [m]

l_T = Longitud de transportador [m]

Remplazando

$$P_V = \frac{0.052 * 0.192}{20}$$

$$P_V = 0.00049 \text{ KW} = 0,00036 \text{ HP}$$

Encontrados estos valores se remplazan en la ecuación 16.

$$P_T = 0.212 + 0.00036 + 0$$

$$P_T = 0.21236 \text{ HP}$$

3.6 Discos de fraccionamiento

En un molino discos la fragmentación se genera por acción de fuerzas de cizallamiento que se genera entre un disco móvil y un fijo o dos móviles, la diferencia entre ellos es que en el segundo se consigue mayor fragmentación ideal para granos duros, sin embargo, por tratarse de que el grano a fragmentar no presenta mayor dureza, se diseñara un molino de disco simple

- **Selección de material**

La Normativa Técnica Ecuatoriana (INEN), norma EN ISO 12100-1 regula la fabricación de maquinarias para alimentos, con el fin de precautelar que los productos procesados por estas máquinas no presenten riesgos para la salud del consumidor por contaminación o falta de higiene, las especificaciones técnicas que exige esta norma referente al material de construcción es que esté presente las siguientes características:

- Las superficies que se encuentren en contacto con productos de consumo humano en especial alimentos deben ser lisas, sin rugosidad ni cavidades que puedan albergar agentes contaminantes o residuos que comprometan la salud de los consumidores.
- El material empleado en la construcción de este tipo de maquinarias no debe transferir partículas que modifique la composición de los alimentos o los hagan inocuos.
- Facilidad de limpieza.

De acuerdo a la establecido en esta norma se selecciona acero para la construcción de los discos a razón que presenta buena apariencia, propiedades higiénicas y alta resistencia a la corrosión, lo que lo hace ideal, debido a que los discos se encontrar constantemente expuestos a líquidos.

Otro factor importante es la dureza del material por que se selecciona un acero inoxidable perteneciente a la familia martensítica, que tal como se aprecia en la tabla 19, presentan mayor dureza que los de tipo ferríticos, y se puede aumentar la dureza del material a través de tratamientos térmicos

Tabla 20. Propiedades químicas del acero inoxidable E 410 [59]

C	Minnesota	Si	P	S	Cr	Ni
0.15	1.0	1.0	0.04	0.03	11.5-13.5	0.5

El tipo de acero inoxidable a utilizarse de la familia martensítica es el E410, acero al cromo de cementación que ofrece resistencia a la corrosión, fortaleza, dureza y es magnético, presenta las propiedades mecánicas y composición se aprecia en la tabla 20 y tabla 21.

Tabla 21. Propiedades mecánicas del acero inoxidable E410 [59]

Resistencia a la tracción MPa	Límite de fluencia 0.2% MPa (min)	Dureza(Rockwell) MAX
450	205	96

El hecho de este componente se exponga a fuerzas de cizalla en sus muelas que poseen forma irregular, se presenta el riesgo que se desprendan partículas del material a causa de la fricción que se genera, ante lo cual, se considera dar un tratamiento térmico de cementación en los discos para incrementar la resistencia al desgaste con el que se obtiene mayor dureza del material tal como se aprecia en la tabla 22.

Tabla 22. Propiedades mecánicas del acero inoxidable E410 cementado [59]

Tratamiento térmico			
Cementación	Resistencia a tracción (MPa)	Límite de fluencia 0,2% (MPa)	Dureza (Rockwell) Mínimo
	554	313	81

3.6.2 Disco estático

Se caracteriza por tener en su superficie distintos tipos de estriados los mismos que describimos a continuación.

- **Entradas:** se dimensionan de acuerdo con la dimensión grano a moler; para la aplicación se requerirá un diámetro aproximado de 6,80 mm para que maíz ingrese a los discos sin ningún inconveniente, obsérvese en la figura 46.

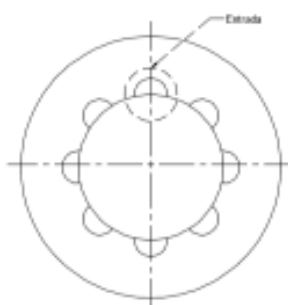


Figura 46 . Entradas de disco [47]

El dato indicado se obtuvo al realizar la medición de diferentes tamaños de grano de maíz eligiéndose el de mayor tamaño obsérvese, figura 47 [47].

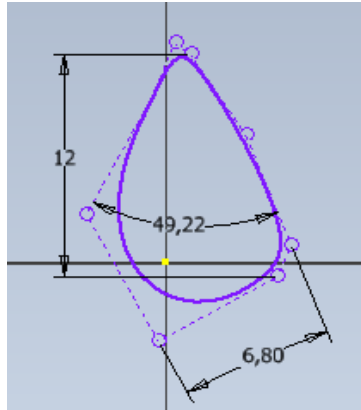


Figura 47. Dimensiones de grano de maíz

- **Nervios :** estos canales son esenciales en el disco ya que evitan el retroceso del material. Cada entrada debe tener un nervio tangente al diámetro interno del disco, obsérvese figura 48 .En conclusión, el disco fijo debe tener el mismo número de entradas y nervios.

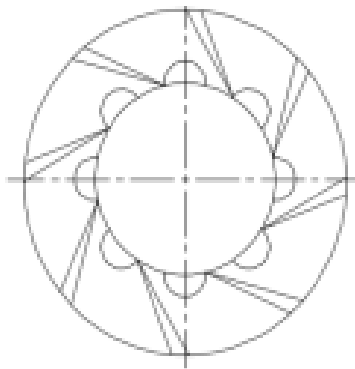


Figura 48. Nervios de disco fijo [47]

- **Ranuras:** deben seguir el ángulo de sus respectivos nervios, tal como se observa en la figura 49. La profundidad y espesor de este canal se da por el grado de molienda. Se conoce que para obtener la pasta de maíz se emplea una molienda húmeda debido al porcentaje de agua que contiene el grano, ya que, se encuentra en un término intermedio de madurez y al momento de la fricción expulsa sus jugos que al mezclarse con una molienda fina da como resultado una masa homogénea y consistente. Por lo tanto, cómo se emplea una molienda fina, el grano fragmentado tendrá medidas menores a 1 mm, por lo cual el área transversal de esta ranura será de 1mm.No puede ser menor a esta medida ya que estas ranuras sirven como canales de salida de la molienda.

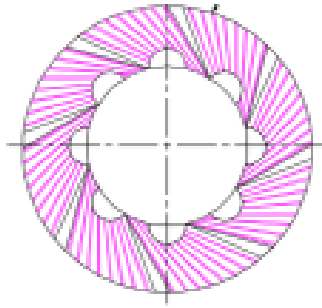


Figura 49. Ranuras de disco [47]

- **Disco móvil**

Tal como se observa en la figura 50, este solo posee ranuras nervios.

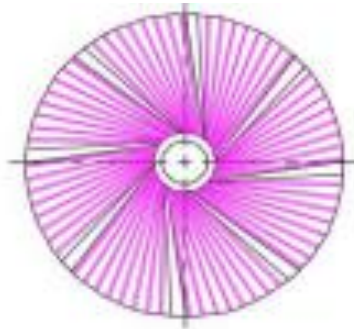


Figura 50. Disco móvil [47]

- **Carga generada por el peso del disco móvil**

Es necesario conocer esta carga para predecir el comportamiento del sin fin frente a las fuerzas aplicadas a lo largo de su estructura. Los discos tienen un diámetro exterior de 150 mm, diámetro interior de 24 mm y espesor de 8 mm, medidas que se pueden apreciar en la figura 51 y los planos detallados en los anexos 4 y 5.

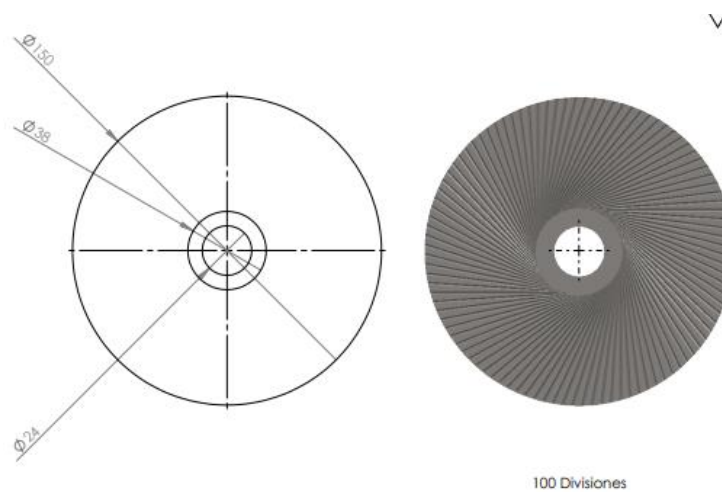


Figura 51. Dimensionamiento de disco

En la figura 52. Se visualiza la masa del disco equivalente a 1.4 kg, dato que se obtiene asignándole como material acero inoxidable martensítico de especificación E 410.

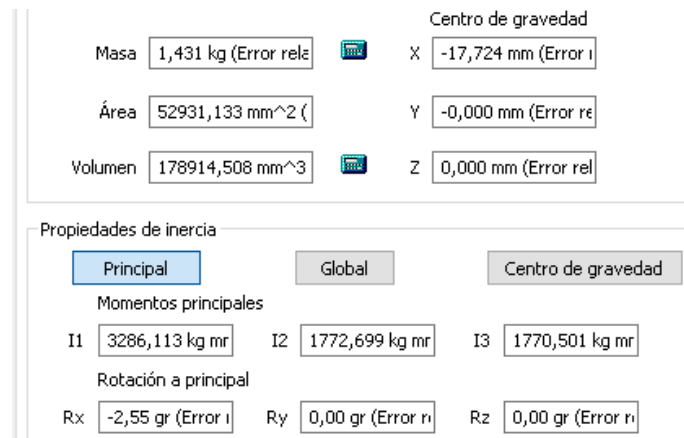


Figura 52. Propiedades físicas del disco móvil

En el análisis considerará solo el peso del disco móvil, ya que el fijo va soldado al canalón que se encuentra apoyado sobre la estructura. Mediante ecuación 24, se obtiene la carga generada por el peso del disco

$$C_d = m_D \text{ [kg]} \times g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad (24)$$

Remplazando datos se obtiene una carga de:

$$C_d = 1,4 \text{ [kg]} \times 9,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$






$$C_d = 13,72 \text{ [N]}$$

3.7 Fuerza de fraccionamiento

Es aquella fuerza que se debe aplicar para que el grano alcance su límite elástico y finalmente se fracture en partículas que se ajusten a la una moliendo fina, es decir que su tamaño oscile 50-100 μm e incluso considerarse la molienda media de 200-500 μm (tabla 1), con la condición de que el tamaño de grano fraccionado debe ser menor a 1 mm.

Para determinar su magnitud es importante conocer la dureza del grano de maíz, ya está fuerza tendrá que ser mayor a la resistencia que presenta el grano. El maíz empleado para la preparación de humitas es cosechado alrededor de 135- a 142 días después de su siembra, transcurrido este tiempo los granos de maíz son pastosos y maduros, de acuerdo a la tabla 23, los granos en este estado de madures contienen de 20 a 40 porciento de líquido.

Tabla 23. Porcentaje de líquidos en el maíz según el grado de madures [48]

Madurez del grano		Porcentaje de líquidos
Lechoso		80%
Semi pastoso		60%
Pastoso		30-40 %
Maduro		25-20%
Madurez completa		1%

El estado preciso de la mazorca se observa en la figura 53.



Figura 53. Corte transversal de mazorca en estado pastoso [49].

De acuerdo con lo mencionado se establece que el estado ideal del maíz es cuando este tenga un porcentaje de líquidos que oscilen entre el 20 y 40 por ciento.

Según, ensayos realizados por la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, se determinó la fuerza y deformación en los puntos de límite proporcional (LL), biociencia (Y) y ruptura (R) de la semilla del híbrido de maíz (*Zea mays L.*) que posee un porcentaje de humedad del 23 %. Estas fueron sometidas a compresión axial efectuadas entre las caras planas y pulidas de una máquina universal de ensayo [50]. Estas magnitudes han sido expresadas en el diagrama de carga vs desplazamiento, mostradas en la figura 54, del cual podemos conocer la carga en KN que se debe aplicar para generar la fragmentación. Según la gráfica el punto R de ruptura se alcanza aplicado una carga de 0,58 KN, el esfuerzo que más se realiza es para vencer el límite de elasticidad del grano, el punto Y, ya que para llegar a ella se emplea una fuerza de 0,6 KN. En conclusión, esta última es la fuerza necesaria para la molienda.

$$F_R = 0,6 [kN] \cdot$$

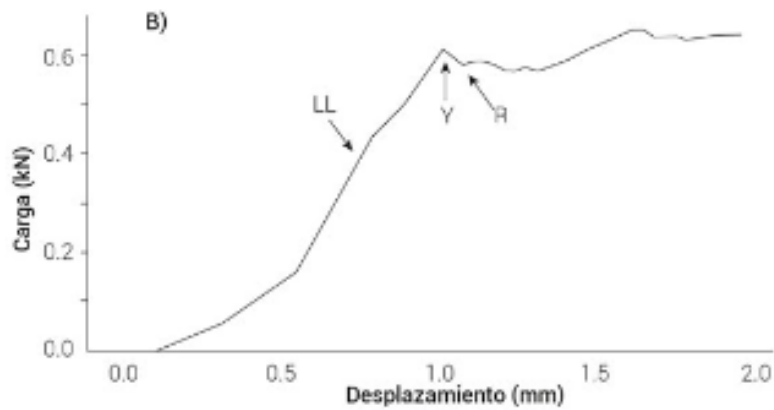


Figura 54. Diagrama de deformación de maíz húmedo [50].

3.8 Análisis de elementos finitos de discos

Se analiza los efecto del esfuerzo de cizalla que se producen en la cara ranuradas del discos, producto de la resistencia del grano de maíz a fracturarse, fuerza que se ejerce en sentido contrario al giro de los discos, esta fuerza posee una magnitud de 0.6 KN. Aplicando las restricciones de fijación que presenta el disco estático y un mallado que divide al solido en 23694 elementos (figura 55) para analizar a mayor detalle las ranuras, se obtienen los siguientes resultados

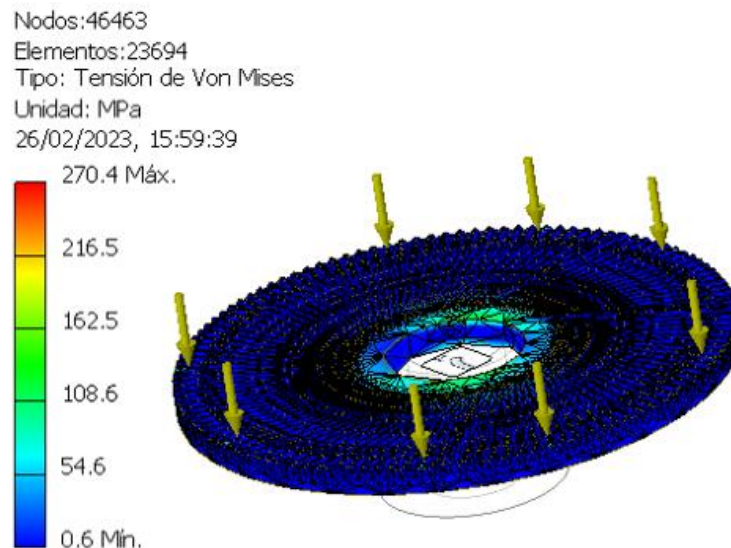


Figura 55. Mallado.

- Esfuerzo de Von misses

El material de construcción de los discos es un acero E410 con tratamiento térmico de recocido, dicho materia soporta esfuerzos máximos de 313 MPA, en la simulación se obtiene

un esfuerzo de máximo de Von Mises que soportara el materia 270.4 MPa, por lo tanto, al ser menor este esfuerzo al límite elástico que soporta el material se considera que los disco s trabajaran sin deformaciones permanentes en su estructura, como se observa en la figura 55.

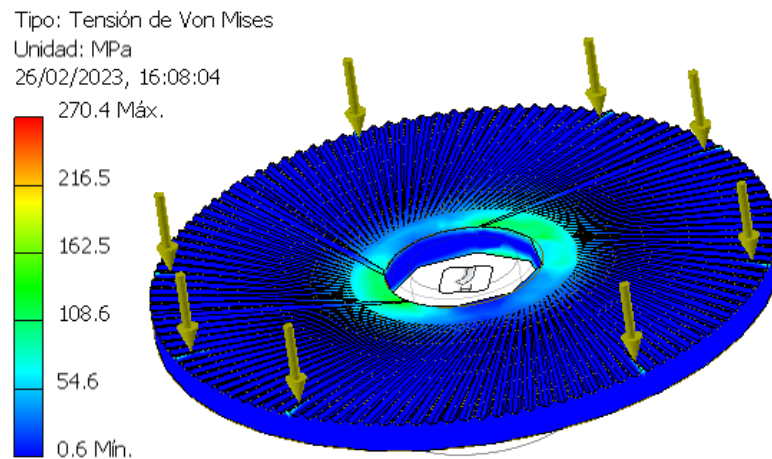


Figura 56. Tensión de Von Mises

- Desplazamiento

El disco al ser sometido a la fuerza de 0.6 KN presenta un desplazamiento mínimo de 0.1261 mm localizado en la zona donde se encuentran los filos o dientes del disco lo cual es normal cuando se da uso constante al molino en la estas serán las zonas que presenten mayor desgaste como se aprecia en la figura 57, por lo que se recomienda, que cuanto se evidencie se debe afilar nuevamente los dientes, porque de estos dependen la calidad de molienda.

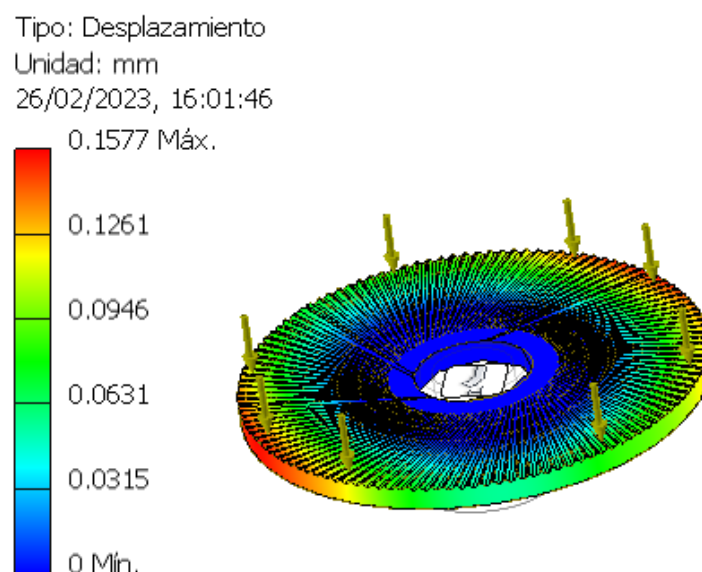


Figura 57. Desplazamiento

- Factor de seguridad

Los discos poseen un factor de seguridad de 4.66 al ser una fuerza constante la que se aplica, se considera que los discos trabajaran de forma segura, y tendrá una vida útil larga, a razón que estos podrán soportar hasta cuatro veces esta carga.

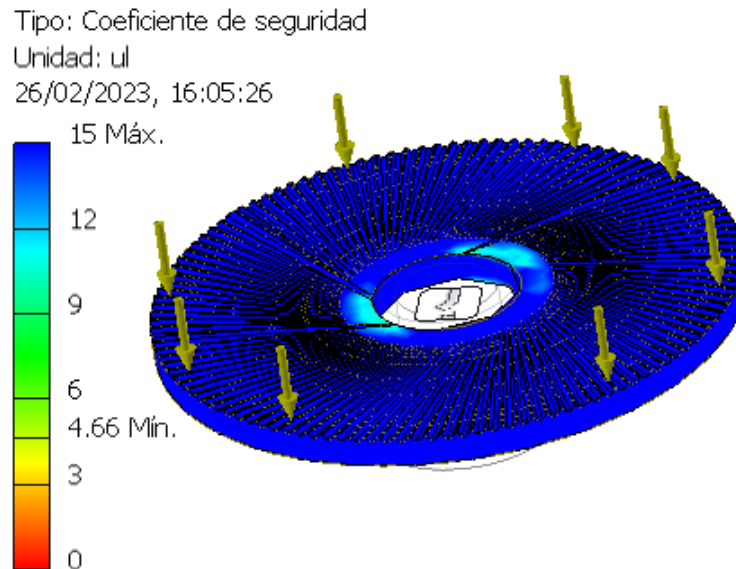


Figura 58. Factor de Seguridad

3.8.1 Cálculo de potencia de molienda

Mediante la ecuación 25, se calcula la potencia requerida para moler los granos

$$P_M = T_D * n_s \quad (25)$$

Donde:

T_D = Torque que ejerce el peso del disco móvil [N – m]

n_s = Velocidad angular del transportador [rad/s]

Datos

$n_s = 103 \text{ rpm} = 6.1 \text{ [rad/s]}$

$T_D =$ Ecuación 26

$$T_D = Pd * l_e \quad (26)$$

Donde:

$Pd =$ Peso del disco movil [N]

le = longitud del eje [m]

Datos:

$$P_d = 1.4[\text{Kg}] * 9.8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = 13.72 \text{ N}$$

le = 0.192[m]

Remplazando en la ecuación 26, se obtiene la potencia necesaria a emplearse en la molienda

$$T_D = 13.72 * 0.192$$

$$T_D = 2.63 \text{ [N - m]}$$

$$P_{st} = 2.63 * 6,1$$

$$P_{st} = 16.04 \text{ W} = 0.01 \text{ HP}$$

3.9 Selección de motor eléctrico

La potencia del motor es determinada por la sumatoria de todas las potencias que han sido calculadas, el resultante es 0.94 HP dato que se muestra en la tabla 24, por lo tanto, se elige un motor monofásico de 1 HP, ya que este brindaría la potencia necesaria que consume el molino.

Tabla 24. Potencia total

Elemento	Potencias Requeridas	Abreviatura	Potencia (HP)
Sistema de transporte helicoidal	Por material transportado	Ph	0.212
	Para accionamiento en vacío	Pv	0.00036
	Por inclinación y fricción	Pi	0
	Para el fraccionamiento de granos	Pm	0.72
Discos de molienda	Para el accionamiento de discos en vacío	Pst	0.01
		TOTAL	0.94236

3.10 Modelo final del molino

En la figura 59 , se logra visualizar el modelo final, donde se encuentran ensamblados : la tolva , el sistema de trasporte helicoidal dentro de su artesa, los discos de friccion junto al sistema de ajuste y el sistema motriz que comprende de un motor monofasico de 1Hp con relacion de salida de 103 rpm.

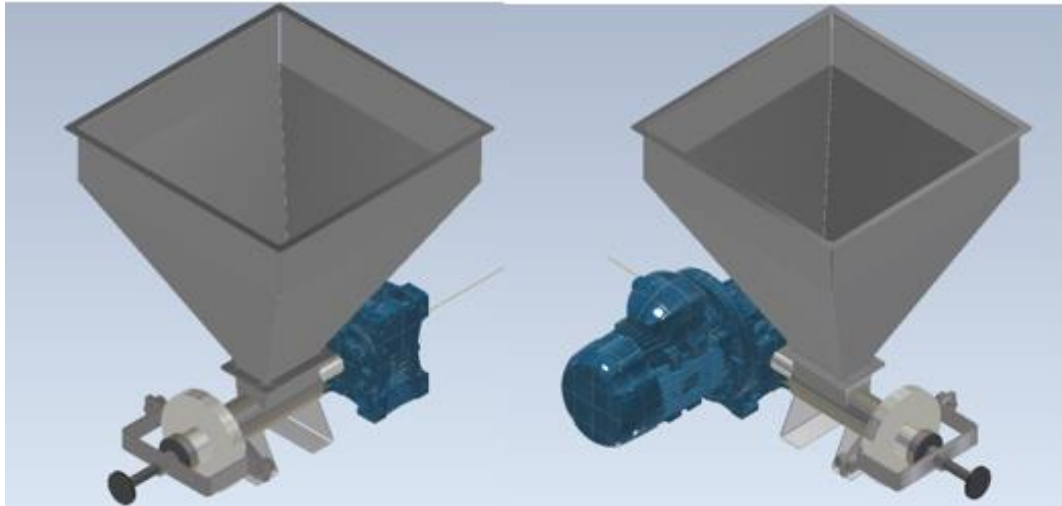


Figura 59. Modelo Final

El equipo en conjunto con todos los componentes tiene una masa de 32.531 kg, véase figura 60, este dato servirá posteriormente para el diseño de la estructura general

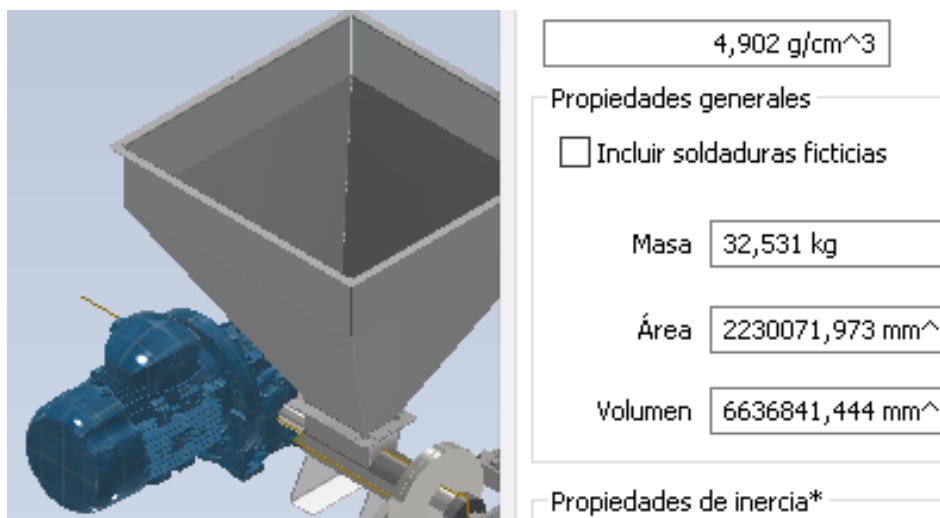


Figura 60. Propiedades físicas del equipo

3.11 Diseño de mezclador

Mezcladora, figura 61, no se procede al diseño de este componente debido a que el sistema ha sido previamente construido. Dicho equipo fue facilitado por la Asociación de servicios la cual tiene la capacidad de mezclar 40 kg de pasta. Este equipo se ha incluido en el diseño para desempeñar el módulo de mezclado, por tal razón se ha realizado un levantamiento de planos de este (anexo 6), para acoplarla en el ensamble general.

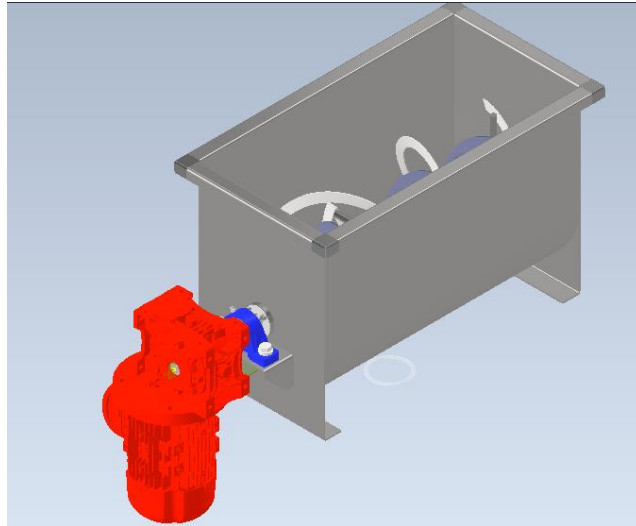


Figura 61.Mezcladora .

En la figura 62, se puede observar que a la salida de la mezcladora se ha adaptado una válvula mariposa de 3 pulgadas unida a un ferrul cónico de dos pulgadas mediante abrazaderas, para el transporte de pasta hacia el dosificador

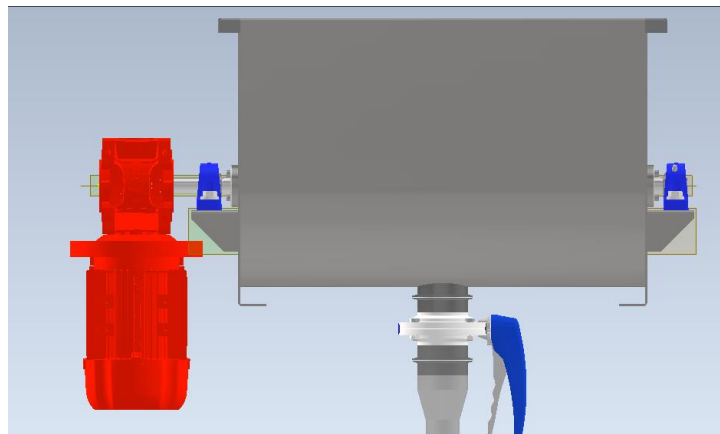


Figura 62.Mezcladora

Este equipo en conjunto a todos los elementos que lo conforma posee una masa de 45,37 kg obsérvese figura 63, dato que se tomaran en cuenta en el dimensionamiento del estructural general.

<input type="checkbox"/> Incluir soldaduras ficticias	<input type="checkbox"/> Incluir anulaciones de CTAD	
Masa <input type="text" value="45,369 kg (Error re"/>	Centro de gravedad* X <input type="text" value="-196,553 mm (Error"/>	
Área <input type="text" value="3629058,499 mm^2"/>	Y <input type="text" value="13,316 mm (Error n"/>	
Volumen <input type="text" value="8798991,024 mm^3"/>	Z <input type="text" value="-13,632 mm (Error l"/>	
Propiedades de inercia*		
<input checked="" type="radio"/> Principal	<input type="radio"/> Global	<input type="radio"/> Centro de gravedad
Momentos principales		
I1 <input type="text" value="965818,180 kg"/>	I2 <input type="text" value="4512122,202 kg"/>	I3 <input type="text" value="4177476,825 kg"/>
Rotación a principal		
Rx <input type="text" value="-6,17 gr (Error l"/>	Ry <input type="text" value="4,36 gr (Error n"/>	Rz <input type="text" value="2,17 gr (Error n"/>

Figura 63. Propiedades físicas de la mezcladora

3.12 Diseño de dosificador

En el capítulo II (Selección de alternativas) ,se dedujo que una dosificadora neumática es la propuesta ideal para el proyecto , siendo que en esta : la velocidad, volumen y presión de dosificación puede ser fácilmente regulada consiguiendo obtener varias cantidades de dosificación en un solo sistema , aprovechando esta ventaja , se diseñara una máquina que no esté limitada para dosificar la cantidad solicitada de pasta , si no que se lo pueda emplear en diversas dosificaciones , especialmente de material pastosas , para volúmenes de hasta 0.526 kg, que será la dosificación máxima conseguida, en base a la cual se dimensionará el cilindro de llenado donde se acciona el empuje transmitido por el cilindro neumático.

3.12.1 Estudio de requerimientos

Dentro de la Asociación Alimentando con sabiduría se ha realizado la preparación de este alimento típico empleado 12 kg de maíz para su preparación. Sin embargo, la producción de la maquina es de 40 Kg/h, debido a que la asociación desea extender la comercialización de este producto a otro tipo de mercado. Según los datos recolectados se sabe que el peso de una humita es de 70 g en conjunto a sus otros ingredientes y que de un saco que contienen 125 choclos se extraen 12 kg de maíz desgranado, la producción de humitas equivalente a esta cantidad tiene un aproximado de 171 humitas. En referencia a 40 kg se obtendrán 571 humitas. Del proceso global el porcionamiento es la tarea en la cual se invierte más tiempo, el personal de la asociación encargado de preparar este alimento expresan que para obtener 571 humitas , requieren aproximadamente un tiempo de 8 horas, donde se involucra la asistencia de 3 personas, sin embargo con la maquina se pretende lograr todo el proceso en 1 hora , en el apartado 3.39, se obtuvo que el tiempo empleado de molienda es de 20 min , en el proceso de mesclado se empleara un aproximado de 7 min ; en esta se considera el tiempo de

incorporación de ingredientes:3 minutos, accionamientos de mezclado 2 minutos y la verificación de consistencia de la pasta 2 minutos. El tiempo que se empleará en la dosificación será de 25 minutos es decir cada dosificación se dará en un intervalo de 2.62 segundos, además se considera tiempos muertos, por accionamiento de equipos, movilización y ensamble: 8 minutos, sumando estos intervalos de tiempo da un total de 60 minutos que es equivalente a una hora.

Como dato importante se considera una masa de 40 kg, tanto en materia prima como en pasta debido a que la pasta es el resultado de la molienda de maíz, en este si consideran pérdidas de masa, pero las compensan ingredientes agregados.

Acorde a lo descrito, se obtiene la siguiente información que se empleara para el diseño.

Capacidad de producción: 571 humitas

Porcionamiento:70 [g]

Tiempo de ejecución:2.62 [s]

3.12.2 Circuito neumático

Para crear y simular el proceso requerido se empleará la aplicación FLUID SIM NEUMATIC, programa especializado para el diseño de circuitos y esquemas neumáticos

Estos circuitos se realizar con elementos como: fuentes de alimentación: compresor, válvulas, distribuidores, unidades de mantenimiento, cilindros neumáticos, sensores, entre otros.

Elementos indispensables para convertir la fuerza del aire comprimido en trabajo. En la figura 64, se puede apreciar el circuito a emplearse.

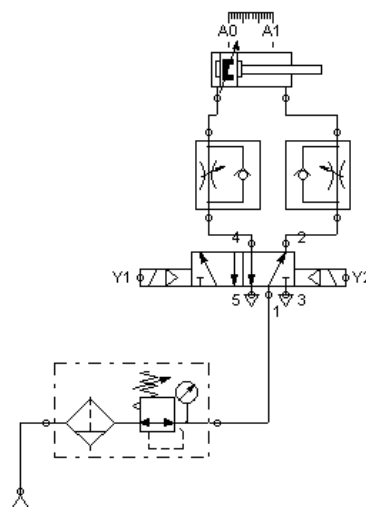


Figura 64. Circuito de dosificación automática y manual

A continuación, se describen todos aquellos elementos empleados en el circuito y su funcionalidad.

3.12.3 Componentes del circuito

- Compresor

Absorbe el aire exterior presurizándolo dentro de un espacio cerrado que será suministrado a través de una válvula reguladora, este alimenta de aire comprimido al sistema, proporciona la fuente de energía neumática necesaria (Figura63).



Figura 65. Compresor de aire/simbología [51]

- Características

Presión de funcionamiento: 2 MPa

Caudal máximo: 500 l/min

- Unidad de mantenimiento

Encargado de limpiar el aire presurizado de suciedad y partículas volátiles con el objetivo de que al sistema ingrese aire purificado y libre de humedad, en él también se incluye un sistema de lubricación para que el aceite viaje junto al aire comprimido, lubricando las partes internas del cilindro neumático. Este incluye una válvula de regulación para controlar el flujo de aire comprimido que ingresa al circuito. (Figura 66)

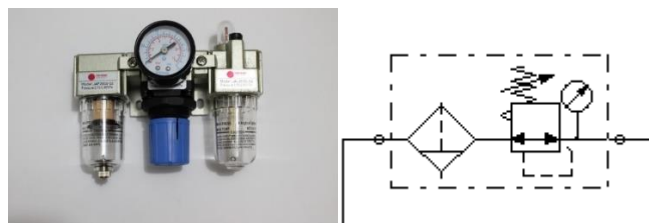


Figura 66. Unidad de mantenimiento / simbología [52]

- **Válvula de 5/n vías electroneumática**

Llamado así por tener una vía de ingreso de flujo de aire y dos salidas condicionadas, encontrándose una vía normalmente cerrada y la otra abierta, la misma que cambiara de posición al recibir una señal eléctrica. (Figura 67).

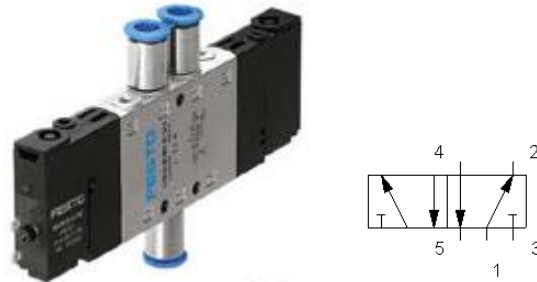


Figura 67. Válvula de 5/n vías / Simbología

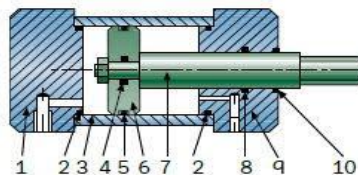
- **Cilindro de doble efecto**

El cilindro de doble efecto compuesto por una camisa (cavidad del pistón), pistón: formado por el vástago y embolo tal como se aprecia en la figura 68.



Figura 68. Cilindro de doble efecto / simbología

Figura 69, su desplazamiento se da por el ingreso de fluido por la entrada 1 que desplaza al vástago al exterior mientras que si ingresa por la entrada 2 este se retrae. El embolo está provisto de un imán permanente que puede utilizarse para activar un sensor de proximidad.



1. Tapa posterior.
2. Juntas.
3. Camisa.
4. Juntas estáticas del pistón.
5. Junta dinámica.
6. Émbolo.
7. Vástago.
8. Junta dinámica del vástago.
9. Tapa delantera.
10. Anillo rascador.

Figura 69. Estructura de un cilindro neumático de doble efecto [53]

- **Interruptor de proximidad inductivo.**

Se cierra ante una alteración de su campo inductivo, es decir, que si el embolo se acerca este procederá a enviar una señal electromagnética (Figura 70).



Figura 70. Sensor de proximidad / simbología

- **Interruptor con enclavamiento**

Pone en marcha el sistema



Figura 71. Interruptor / simbología [54]

- **Interruptor de emergencia normalmente cerrado**

Abre el sistema en caso de requiera un paro de emergencia, figura 72



Figura 72. Botonera de parada de emergencia/ simbología [55]

- **Solenoide de válvula**

Sirve para que el flujo de aire cambie de dirección

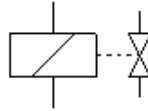


Figura 73. Válvula solenoide.

3.12.4 Descripción del circuito

El circuito electro neumático se alimenta de fluido desde el compresor avanzando hacia la unidad de manteniendo donde se purga el aire, este se dirige a una válvula distribuidora de 5/n vías :esta válvula electro neumática tiene dos salidas de fluido, en su posición normal permite la salida de aire por vía 4 y la vía dos estará cerrada por lo tanto el flujo se dirigirá al ingreso principal del cilindro de doble efecto haciendo que la presión del aire desplace al exterior al vástago, mientras que cuando esta se accione cambiara de posición permitiendo la salida del flujo por la vía 2 cerrando la 4,haciendo que el aire comprimido ingrese por la entrada secundaria del cilindro, cuya presión generada hace que el embolo sea empujado hacia atrás retrayendo el vástago. Está válvula electroneumática está conectada eléctricamente a los sensores de proximidad ubicadas en inicio y final de carrera del cilindro neumático, estos sensores son los que envían la señal eléctrica hacia las electroválvulas cuando detectan la proximidad del embolo (lo detectan gracias al imán permanente que posee el embolo, el mismo que genera un campo magnético al estar cerca del sensor provocando la señal de accionamiento cambiando de posición a la electroválvula). Así es como se genera este movimiento secuencial de dosificado: Cuando el vástago llegue a la posición de A0 (inicio de carrera activara el sensor de proximidad A0 enviara la señal eléctrica a la válvula abriendo la vía 4 para que con la presión del aire comprimido que ingresa por la entrada principal del cilindro empuje desplazándose el vástago al exterior, para retraer simplemente el flujo cambia a la vía 2. Este circuito genera una un desplazamiento continuo horizontal del vástago de manera automática activada por un pulsador de marcha S1 y un pulsador S0 que servirá como una parada rápida del sistema considerándose un botón de emergencia. El circuito descrito se puede apreciar en la figura 74 y 75.

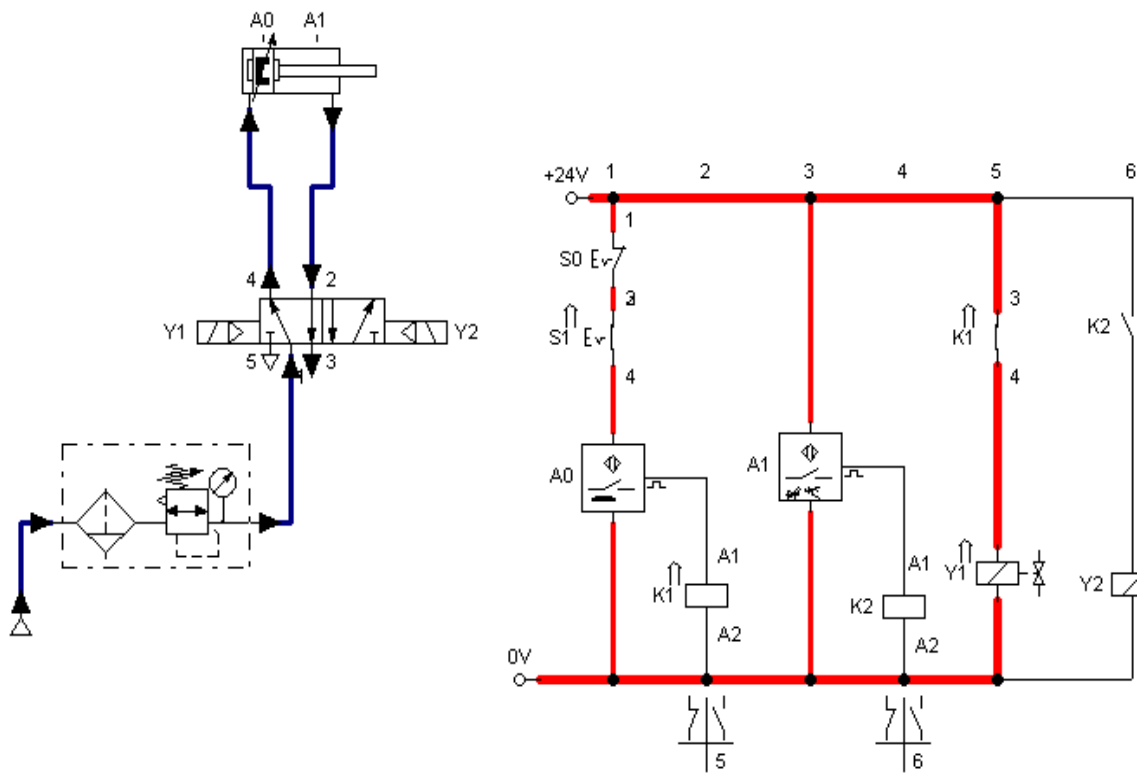


Figura 74. Circuito neumático para dosificación (vástago extendido)

La figura 75, muestra cómo actúa el circuito eléctrico para que el vástago retorne

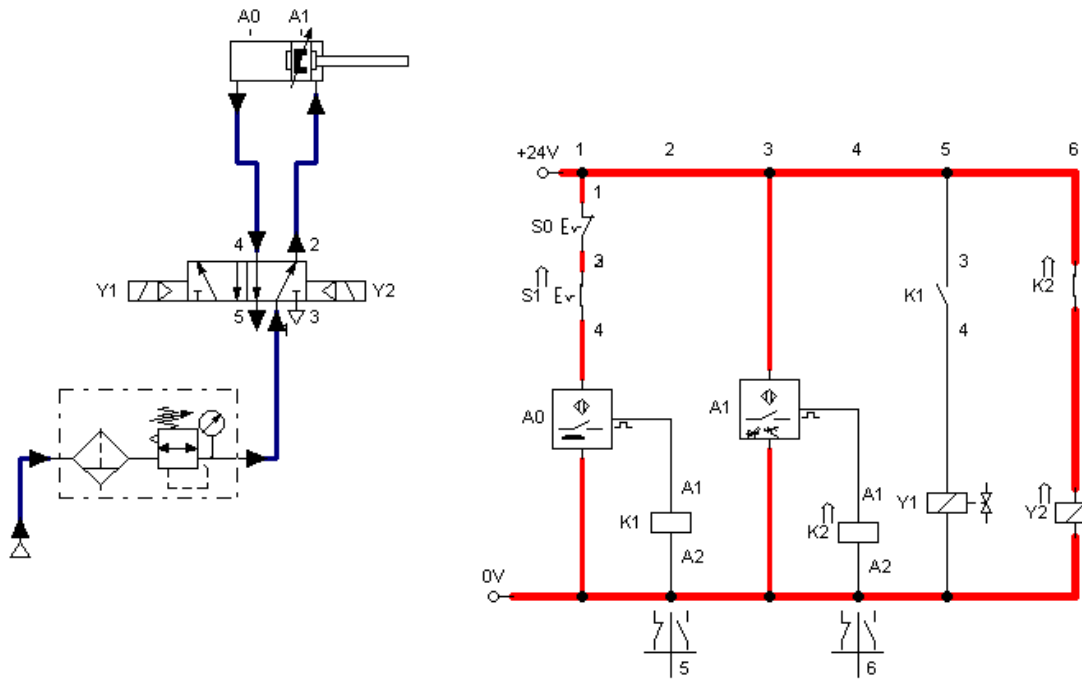


Figura 75. Circuito neumático para dosificación (vástago extendido)

El movimiento requerido para la dosificación. Se procede a diseñar el cilindro de llenado de pasta (figura 76), donde por acción del vástago que transmite el movimiento del cilindro neumático hacia el pistón del cilindro de llenado, dosificará por la carrera que recorra el pistón del cilindro neumático.

Para la regulación del dosificado el cilindro neumático de doble efecto tendrá un volante giratorio que permitirá desplazar el tope o final de carrera de acuerdo con la cantidad de dosificación, limitando el desplazamiento del pistón del cilindro embolo para conseguir el volumen deseado.

3.12.5 Cavidad de llenado

Dentro de ella se depositará la pasta succionada del depósito de la mezcladora, donde la fuerza aplicada por el vástago del cilindro doble efecto, será transmitida hacia el vástago del cilindro de llenado. El material que se ha escogido para este componente es un tubo redondo de 2 pulgadas: 50.8 milímetros de diámetro exterior, 3.91mm de espesor y 292 de longitud (obsérvese figura 76).

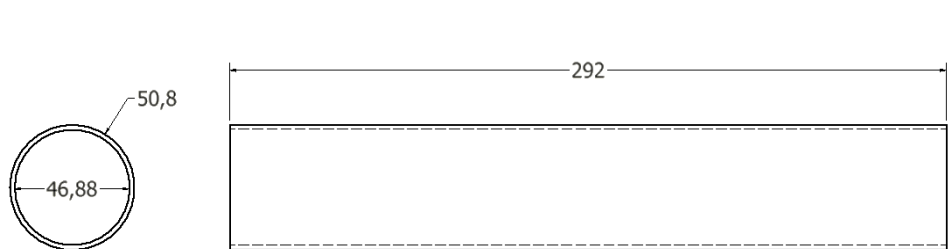


Figura 76. Cavidad de llenado

Las dimensiones a emplearse en el modelado del pistón se pueden observar en la figura 77.

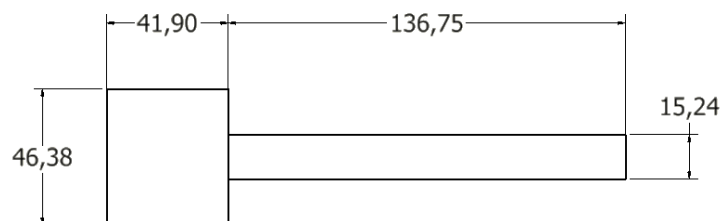


Figura 77. Pistón de cilindro de llenado

Con las dimensiones de cilindro de llenado, se calcula la presión que debe aplicar el pistón sobre el para el dosificado

Como se ha mencionado antes este dispositivo no solamente se empleará para lo dosificación estandarizada de pasta para humitas por lo que se calculará los parámetros como, la presión que emplearse para realizar esta tarea, su recorrido en milímetros y la velocidad tanto para su dosificación máxima de 526 g, y la requerida de 70 g.

El tubo redondo de 292 mm no será llenado en su totalidad por lo que se debe restar la altitud del embolo, es decir que se tienen disponibles 250.1 mm para el llenado. Por lo tanto, se calcula el volumen de pasta que se puede contener en él mediante el software de diseño inventor, conociendo que la densidad que posee la pasta de humita es 1210 kg/m^3 , se obtiene que el volumen contenido es 0.000432 (Figura 78), lo equivalente en masa a 0.526 kg, los mismos que se pueden obtener con un desplazamiento del pistón de 250.1 mm.



Figura 78. Capacidad máxima de dosificación

La presión necesaria para dosificar la cantidad descrita se calcula con la ecuación 27.

$$P = \frac{F}{A} \quad (27)$$

Donde:

F = fuerza generada por acción de la masa [N]

A = superficie del embolo del cilindro de llenado [m_2]

la magnitud de F se calcula con la ecuación 28

$$F = m \cdot g \quad (28)$$

Donde:

m = masa de pasta contenida en cilindro [Kg]

g = gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

Reemplazando

$$F = 0.526[\text{Kg}] \cdot 9.8 \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$F = 5.15 \text{ N}$$

Para calcular el área del embolo se emplea la ecuación 29

$$A_e = \frac{\pi D^2}{4} \quad (29)$$

Donde

D= diámetro del embolo

D= 0.04638 [m]

$$A_e = \frac{\pi(0.04638)^2}{4}$$

$$A_e = 0.0017 \text{ m}^2$$

Reemplazando datos en la ecuación 27

$$P = \frac{5.15[\text{N}]}{0.0017 [\text{m}^2]}$$

$$P = 3029 \text{ Pascales} = 0.44 \text{ Psi}$$

Se obtiene que 0.44 Psi es la presión que necesaria para la dosificación máxima de 526 g. Para la porción requerida de 70 gramos, la presión que se debe aplicar es 0.059 Psi con un recorrido del embolo de 33.28 mm, dichos datos se encuentra aplicando una regla de 3 simple a la información obtenida con la dosificación máxima.

$$\frac{70\text{g} * 3029\text{Pa}}{526\text{g}} = 406,15 \text{ Pa} = 0.059 \text{ Psi}$$

$$\frac{70\text{g} * 250.1\text{mm}}{526\text{g}} = 33.28 \text{ mm}$$

3.12.6 Elementos distribución de la pasta

Conocidos los parámetros para la dosificación y los componentes del circuito a integrarse, se presenta la necesidad de implementar un sistema de transporte por donde se movilice la pasta, desde la salida del mezclador donde el fluido se encuentra retenido por una válvula mariposa de 3 pulgadas, el objetivo de este sistema es que al abrir manualmente esta válvula permita su paso hacia el cilindro de llenado, dirigiéndose de este punto hacia la boquilla de inyección donde termina su trayectoria, para ello se emplean ferrules de reducción, conductos y varios elementos mostrados en la tabla 25.

Tabla 25. Elementos empleados para el transporte de pasta

Elementos para distribución de pasta	Especificación
Ferrul	Ø 2" DIM 11850 AISI 304
Bastidor dosificador	ASTM A-312 TP 304 AISI 304
Tee Clamp	Clamp Ø 2" DIM 11850 AISI 304
Manguera PVC	Ø 1" FDA PVC PVC

Boquilla de llenado



AISI 304

Soporte rectangular



AISI 304

Abrazadera



Abrazadera Clamp Ø 2"

3.12.7 Bastidor de soporte para el sistema dosificador

La estructura sobre la cual asentará el sistema de dosificación tendrá la configuración mostrada en la figura 79.

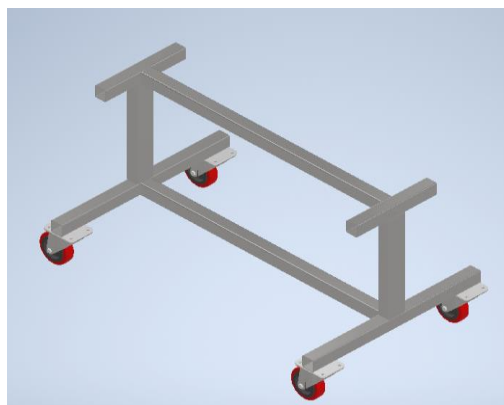


Figura 79. Bastidor de dosificador

Con una altura de 0.41 m, (Figura 80), se propone esta altura para que el operario pueda trabajar sentado, debido a que esta es la operación que requiere más tiempo en relación a los demás operaciones. Se dispone de ruedas industriales para su fácil movilización ya que esta no estará fija en la estructura general.

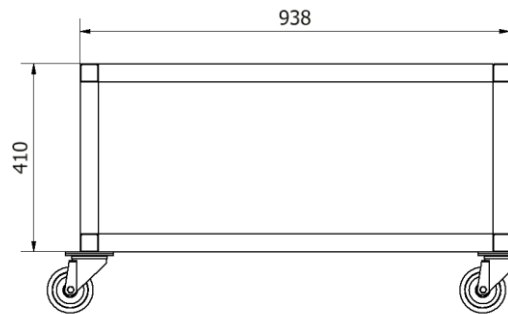


Figura 80. Dimensionamiento de dosificador

El perfil a emplearse para la construcción de la estructura debe soportar el peso generado por los elementos que se encontraran sobre él. De acuerdo con la tabla 26 se considera una carga 11 Kg.

Tabla 26. Elementos de dosificación – masa en kg

Elementos	Peso en Kg
Cilindro neumático de doble efecto	3,17
Cilindro de llenado	1.3
Cantidad de pasta máxima a contener en el cilindro de llenado	0,526
Soportes laterales	0,22
Tee Clamp ø 2"	0,45
Accesorios varios	1.02
Bastidor	5
Total	11 kilogramos

El material de los perfiles serán AISI 304 EN 14307, el cual es adecuado para aplicaciones del sector alimenticio, las dimensiones del perfil requerido, se calcula través de la ecuación 30.

$$A = \frac{F}{\sigma_p} \quad (30)$$

Donde:

F = carga generada[N]

σ_p = esfuerzo permisible del material (ecuación 31)

$f_y = 205$ [MPa] limite elastico del acero A304

$$\sigma_p = 0.6 * f_y \quad (31)$$

$$\sigma_p = 0.6 * 205 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_p = 123 \text{ [MPa]}$$

Remplazando los datos en la ecuación 30

$$A = \frac{11[\text{Kg}] * 9.8 \frac{\text{kg}}{\text{S}^2}}{123 \times 10^6 [\text{PA}]}$$

$$A = \frac{107.91[\text{N}]}{123 \times 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}$$

$$A = 0.000000877 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A = 0.014 \text{ [pulg}^2\text{]}$$

Para el área obtenida de 0.014 [pulg²], se selecciona un perfil tubular cuadrado de 2 pulgadas del catálogo de aceros estructurales DIPAC, (Figura 81).



Figura 81. Perfiles de acero inoxidable-catálogo DIPAC

Para la plataforma del bastidor se emplean planchas de acero inoxidable ASTM A240 TP 304, de 5"x10" con espesor de 3mm, que soporta cargas de 11.15 Kg, datos que se aprecian la figura 82.



Figura 82. Catalogo laminas en acero inoxidable

- Modelo final estructura base

El resultado del dimensionamiento tanto de la estructura como la plataforma se muestra en figura 83. El acotamiento general se puede apreciar en el anexo 7.

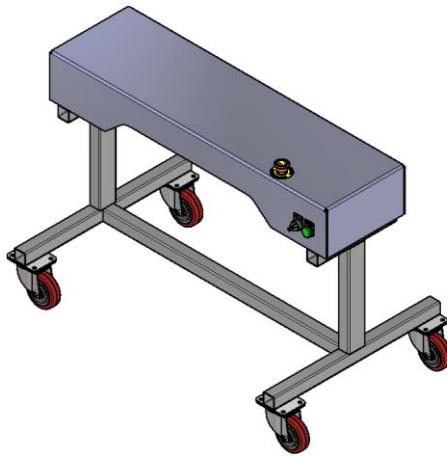


Figura 83. Mesa de soporte para circuito dosificador

3.12.8 Ensamble general dosificador

En la figura 84, se puede observar todos aquellos elementos que componen la dosificadora neumática volumétrica, en un plano de despiece de acuerdo al orden de ensamblado.

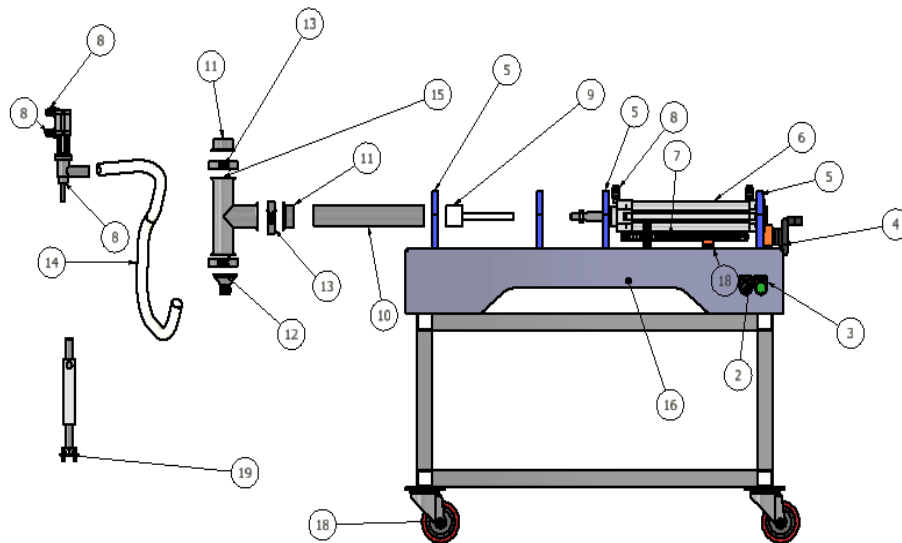


Figura 84. Despiece -dosificador

En la tabla 27 se enlistan todos los componentes del plano de despiece.

Tabla 27. Lista de componentes

Numeración	Elemento	Cantidad
1	Sensores de proximidad	2
2	Botonera de arranque con pedal	1
3	Botonera de arranque automático	1

4	Volante de ajuste de fin de carrera	1
5	Soportes laterales de cilindro neumático	4
6	Cilindro neumático de doble efecto	1
7	Regleta guía de desplazamiento	1
8	Boquilla dosificadora	1
9	Pistón de cilindro de llenado	1
10	Cilindro de llenado	1
11	Ferrul \varnothing 2"	2
12	Ferrul Reductor \varnothing 2"	1
13	Abrazaderas industriales inox \varnothing 2"	3
14	Manguera flexible PVC \varnothing 1"	1 m
15	Tee Clamp \varnothing 2"	1
16	Base del sistema dosificador	1
17	Estructura de soporte de la base	1
18	Pulsador de parada de emergencia	1
19	Sistema móvil de la estructura	1
20	Manguera neumática 6mm	6 m

En la figura 85, se muestra el modelo final ensamblado y en el anexo 8, los planos detallados.

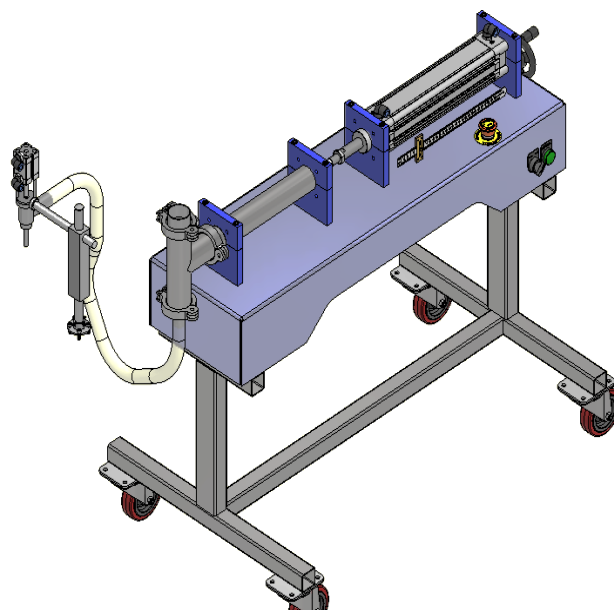


Figura 85. Dosificadora neumática modelo final

3.13 Diseño de estructura.

Esta se dimensiona de acuerdo a la posición de los equipos que conforman la máquina , teniendo en cuenta de que está en su conjunto debe ser compacta y de fácil acceso para los procesos manuales que se requieren realizar en ella, como la de alimentación de maíz ,incorporación de ingredientes , limpieza de los componentes y mantenimiento, por lo cual se ha establecido un estructura de plataforma con escalera de acceso, tal como se puede apreciar en la figura 86, los equipos se instalan de manera secuencial de acuerdo al orden de tareas establecidas en la figura 28 (diagrama de procesos), son instaladas en este orden y fijadas con soldadura a manera que el proceso principal de molienda que se encuentra en el escalón más alto, a continuación de este , el recipiente de la mezcladora la misma que sirve como una tolva de ingreso de pasta hacia el dosificador .



Figura 86. Estructura general

El diseño de esta estructura se validará simulando la estructura con los esfuerzos sometidos generados por los equipos sobrecargados en ella, más el peso de los operarios estableciendo una masa máxima de 180 kg.

La carga total a soportar la estructura se calculará con ecuación 32

$$C_T = \sum m_y [\text{kg}] \quad (32)$$

Donde:

$$C_T = \text{Carga total [Kg]}$$

m_m = Masa del molino [kg]

m_b = Masa de la mezcladora [kg]

m_p = Masa del personal [kg]

m_a = Masa por alimentación de maíz [kg]

Datos

m_m = 32,53 [kg]

m_b = 45,36 [kg]

m_p = 180 [kg]

m_a = 40 [kg]

$$C_T = 297.89 \text{ [kg]}$$

No se toma en cuenta el peso de la dosificadora, ya que este no se encuentra montada sobre la plataforma.

La estructura está compuesta por tres clases de perfil, tubos cuadrados dispuestos de manera vertical, tubos rectangulares situados horizontalmente y tubos redondos para el pasamanos obsérvese en la figura 86.

Para el piso de la estructura se emplea laminas diamantadas A36 de superficie irregular para evitar accidentes o posibles resbalones del personal.

3.13.1 Selección de material y perfiles

El material a emplearse es acero estructural A36, que presenta buenas características tales como: fácil soldabilidad, económico, amplia variedad de presentaciones un límite de elasticidad alto (tabla 28), lo que lo hace ideal para la construcción de estructuras metálicas. Conociendo el material a emplearse se procede a realizar los cálculos para elegir la sección de perfil adecuado a manera que en este no presente daños en su composición interna al someterlo a las cargas actuantes

Tabla 28. Acero estructural A36 propiedades mecánicas.

Límite elástico mínimo (Mpa)	Límite de resistencia (Mpa)
250	400-550

La sección del perfil en rectangular se calculará considerando las dimensiones de la superficie de plataforma principal. Figura 87.

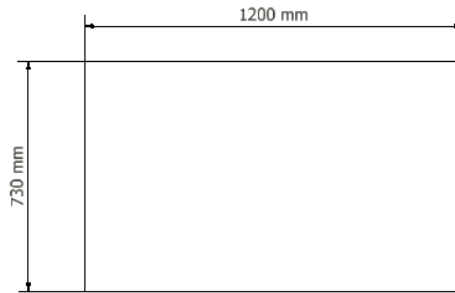


Figura 87. Dimensiones de plataforma de estructura general

Esta superficie de 1.2m de longitud y 0.73 m de ancho, posee un área de $0.876m^2$.cuya superficie es la que soportaran los perfiles de $0.438 m^2$ para cada viga, desarrollándose una carga de 297.89 [kg], esta carga se convierte en una fuerza distribuida sobre toda la plataforma a través de la de la ecuación 33

$$W_d = \frac{C_T * g * A_1}{L_p} \quad (33)$$

Donde:

C_T = carga total [kg]

A_1 = Area para cada viga [m^2]

L_p = longitud de la plataforma [m]

g = gravedad [$\frac{m}{s^2}$]

Remplazando datos tenemos

$$w_d = \frac{(297.89 \text{ [kg]} * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]) * 0.438 m^2}{1.2 \text{ [m]}}$$

$$W_d = 1066.64 \text{ [N - m]}$$

Para su construcción se elige un acero A36.

Las vigas rectangulares se encuentran soldadas sobre las vigas cuadradas mostrándose como apoyos rígidos, por lo tanto, conocida la fuerza distribuida a aplicarse, tenemos el siguiente diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 88.



Figura 88.Diagrama de cuerpo libre viga principal

Estas vigas están sometidas a esfuerzos de flexión, por lo que se procede a encontrar el momento flector máximo empleando la ecuación 34, la misma que se aprecia en la figura 89.

$$m_{fmax} = \frac{W_d * Lp^2}{8} \quad (34)$$

Remplazando

$$m_{fmax} = \frac{1066.64 * 1.2^2}{8}$$

$$m_{fmax} = 191.995 \text{ [N - m]}$$

☐ **Bending Moment**

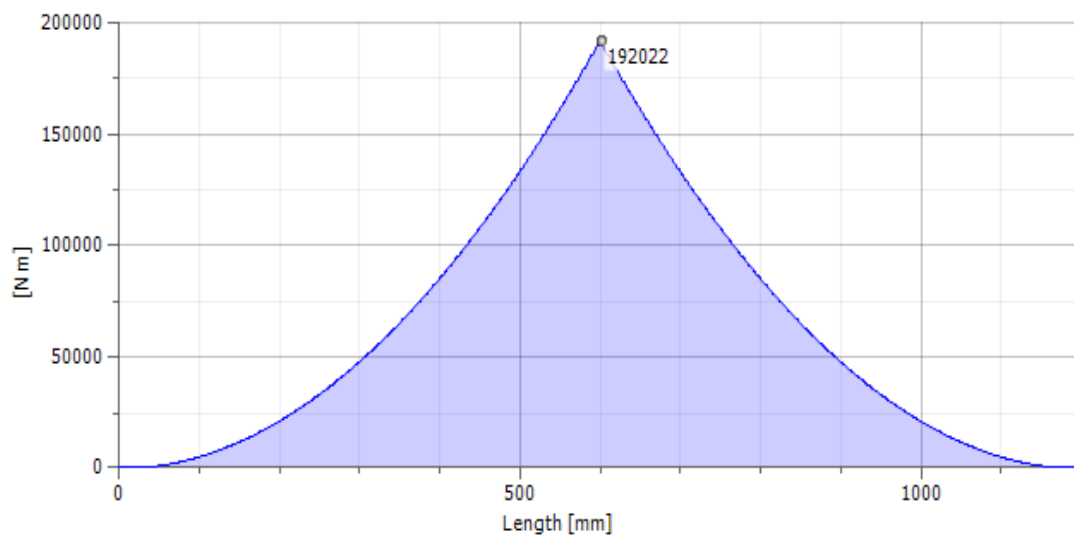


Figura 89. Momento flector

Los datos obtenidos permiten calcular el módulo de sección a través de la siguiente formula

$$s_x = \frac{M_f}{f_b} \quad (35)$$

Donde

M_f = momento flector máximo [N – m]

f_b = Esfuerzo máximo permisible [Pa]

f_b : es el esfuerzo máximo permitido aplicable al material antes de alcanzar al límite elástico, es decir que esta trabaje sin que se deformaciones. La misma que se calcula con la ecuación 36

$$f_b = 0.6 * f_y \quad (36)$$

Donde

$f_y = 250$ MPa (tabla)limite elastico del acero estructural A36

$$f_b = 0.6 * 250[\text{MPa}]$$

$$f_b = 150 [\text{MPa}]$$

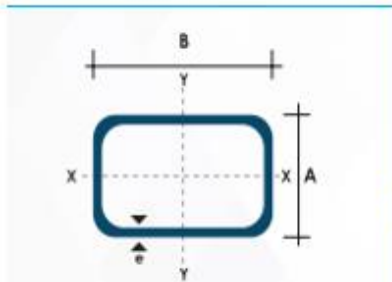
Remplazando en la ecuación 35

$$s_x = \frac{191.995 [\text{N} - \text{m}]}{150 \times 10^6 [\text{Pa}]}$$

$$s_x = 0.000001279 [\text{m}^3]$$

$$s_x = 1.28[\text{cm}^3]$$

Con el módulo de sección nos dirigimos al catálogo de productos de acero DIPAC obteniendo las alternativas mostradas en la figura 90, de tubos rectangulares en acero negro o A36

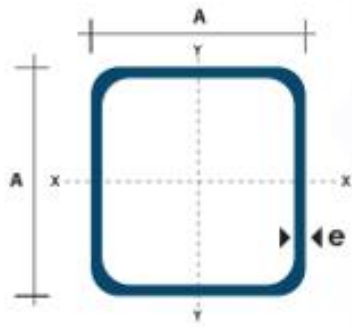


Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espeor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.60	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.36	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63

Figura 90. Catalogo- tubos rectangulares en acero negro

Para un $s_x = 1.279[\text{cm}^3]$ al ser mayor a $1.20[\text{cm}^3]$ se selecciona el inmediato superior para mayor seguridad, siendo el perfil o estructural seleccionado el tubo rectangular de dimensiones A:40mm, B:80 mm, se tienen perfiles de diferentes espesores por lo que se tiende a elegir el más liviano de 1.5 mm de espesor.

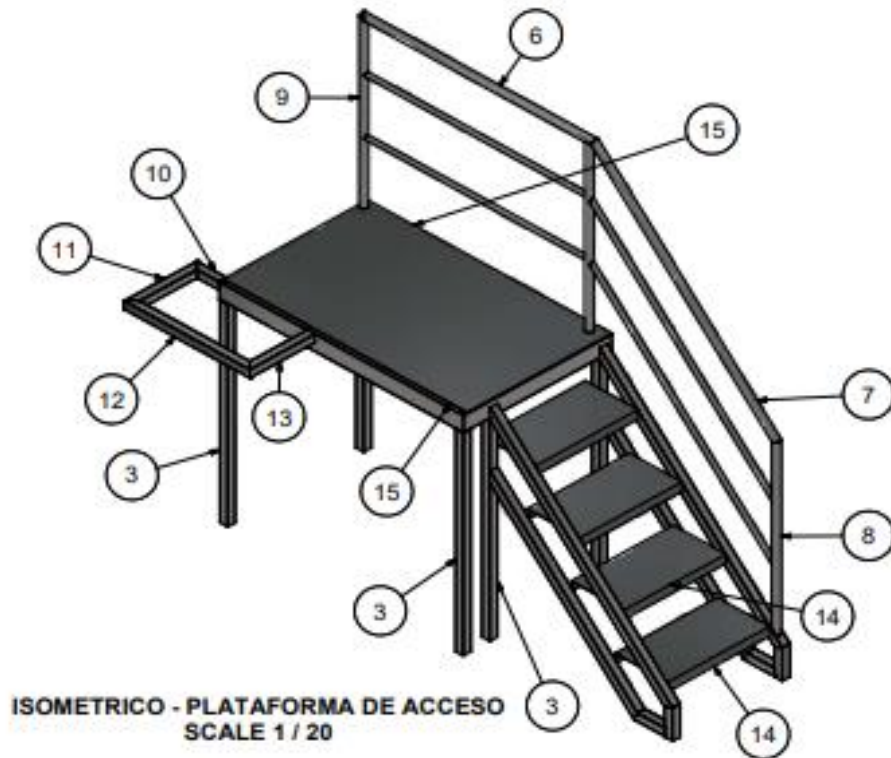
Para el tubo cuadrado sometido a flexo compresión se elige el tubo estructural de A40 mm y espesor 1.2 que tiene un módulo de sección de 1.56, obsérvese figura 91, mayor al calculado de 1.28 por lo que se considera seguro.



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espeor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52

Figura 91. Tubos cuadrados en acero negro

En la figura 92, se pueden apreciar los perfiles empleados, para la construcción de la estructura y en el anexo 9 las dimensiones y el plano detallado.



15	LAMINA DIAMANTADAx2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	1200 x 710 mm
14	LAMINA DIAMANTADAx2.0 mm	4	ASTM A-36		A-36	500 x 340 mm
13	Tubo 40x40x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	340 mm
12	Tubo 40x40x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	620 mm
11	Tubo 40x40x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	380 mm
10	Tubo 40x40x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	150 mm
9	Tubo Ø38x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	1194 mm
8	Tubo Ø38x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	872 mm
7	Tubo Ø38x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	1277 mm
6	Tubo Ø38x2.0 mm	1	ASTM A-36		A-36	1200 mm
5	Tubo 40x40x2.0 mm	2	ASTM A-36		A-36	216 mm
4	Tubo 40x40x2.0 mm	2	ASTM A-36		A-36	1002 mm
3	Tubo 40x40x2.0 mm	6	ASTM A-36		A-36	1000 mm
2	Tubo 80x40x2.0 mm	2	ASTM A-36		A-36	710 mm
1	Tubo 80x40x2.0 mm	2	ASTM A-36		A-36	1200 mm

Figura 92.Estructura -materiales de fabricación.

3.13.2 Análisis de elementos finitos en la estructura general

Es importante realizar la simulación de cargas en esta estructura, se analiza si esta trabajara de forma segura sin presentar riesgos para el personal, por lo que se considera un factor de seguridad alto de 3, debido a que la carga aplicada sobre ella es variable por el número de personas que se encuentre sobre la plataforma, a esto se suma una carga constante de aquellos elementos de la máquina que soporta la estructura considerándose una carga de 297.89 kg lo que equivale a una carga distribuida de 1066.64 N-m

- Von mises

El material empleado para la construcción de la estructura es acero estructural A36 que presenta una resistencia de fluencia de 400 a 500 MPa, el esfuerzo de Von mises máximo que soporta la estructura es de 200 MPa si se sobrepasa de esta, se considera que trabajara por sobre l zona elástica, esto no significa la estructura vaya a fracturarse o llegar a romperse, sin embargo al trabajar en esta zona existirán deformaciones que tendrán desplazamientos considerables, Ante lo mencionado, en la figura 93 se puede apreciar que el esfuerzo de Von mises es menor al esfuerzo que soporta el material concluyendo que la estructura en esta condiciones no presentara deformaciones permanentes

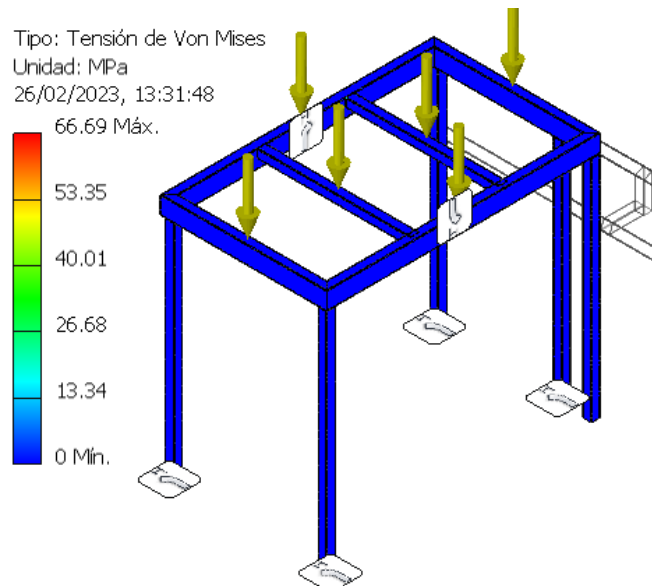


Figura 93. Tensión de Von Mises

- Desplazamiento

En la figura 94, se aprecia que existe un desplazamiento de 0.1224 mm en la zona central marcada de color verde, lo que indica que esta sección es la que resiste mayores esfuerzo sin embargo no es un desplazamiento que considere a esta zona como critica.

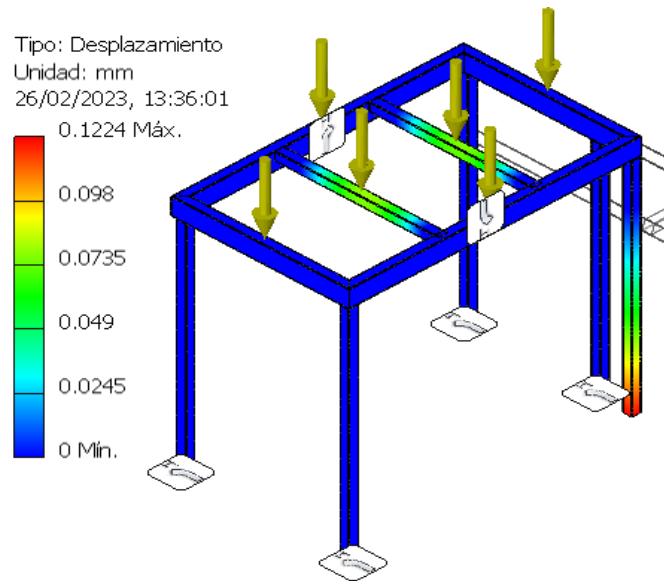


Figura 94. Desplazamiento

- Factor de seguridad

Al simular la estructura, figura 95 efectivamente se obtiene el factor de seguridad 3.72 requerido. Se ha seleccionado este factor de seguridad a razón de en la carga establecida se ha considerado el peso 2 personas sobre la plataforma, al asignarle un factor de seguridad cercan a 4 se está deduciendo que esta puede soportar hasta 8 personas sobre ella más las cargas generadas por los elementos multiplicado por 3.72

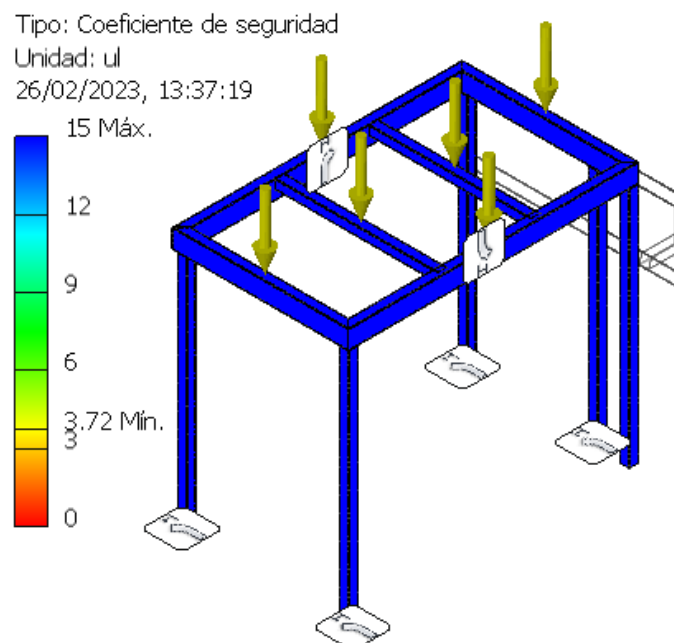


Figura 95. Factor de seguridad.

3.14 Diseño final del molino dosificador

La figura 96, muestra el ensamble completo de la máquina que se encuentra compuesta de tres tipos de mecanismos: molino, mezclador y dosificador .

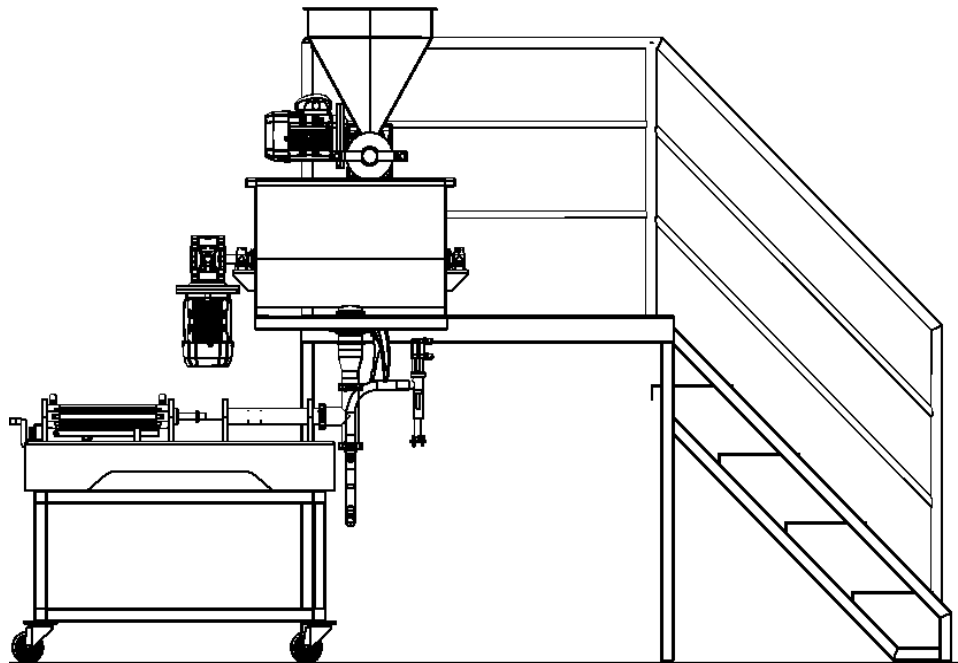


Figura 96. Diseño final

El ensamble de la máquina se realizó mediante uniones rígidas de soldadura las partes lejanas a donde se procesa la pasta para humitas, específicamente la estructura. Los componentes que tienen contacto directo con la pasta son desmontables por lo que se emplean pernos, tuercas y abrazaderas para la unión de estas partes. En especial el molino cuyos componentes necesariamente deben ser lavados y desinfectados después de cada uso, por lo que se ensambla de acuerdo al orden que podemos apreciar en la figura 97.

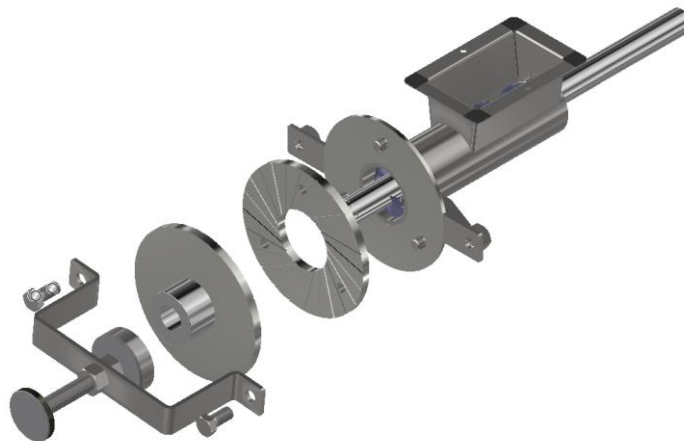


Figura 97. Despiece molino

Se ha diseñado 3 discos , el primero es el disco móvil , el segundo es el disco fijo que no se encuentra soldado al canalón del tornillo transportador, porque los discos de fraccionamiento se tienden a desgastar y deben ser intercambiables y no fijos para retirarlos cada vez que se necesite afilar sus ranuras, por lo que a través de tres pernos se lo conecta al disco soldado al cuerpo del molino, se emplean además 2 pernos para unir la tolva de alimentación con el ingreso rectangular del sistema transportador y para el la regulación de la separación de los discos de cizallamiento, se ha diseñado un tornillo con soporte tipo c que se conecta con los externos de las aletas del canalón por dos pernos .Estos son los pernos de acero inoxidable que se han empleado en el ensamble, las designaciones de los mismos se aprecian en la figura 98. Mientras que se han empleado pernos de acero al carbono para la sujeción de soportes de chumaceras y fijación de motores.

Tabla 29. Pernos AISI 304, utilizados en el ensamble del molino

Elemento	Cantidad	Conexión	Designación	Material
Perno con tuerca 7/16"	3	disco fijo - cuerpo molino	G11	AISI 304
Perno con tuerca M8X50	2	disco - sin fin	14G	AISI 304
Perno ajustador 5/8" UNC	1	regulador de disco	16G	AISI 304
Perno M12x25	2	tolva-molino	14G	AISI 304

Finalmente, se obtiene el molino dosificador compuesto por mecanismos de molienda, mezclado y dosificado , que se encuentra estructurado de manera secuencial con plataforma de acceso para controlar y supervisar los procesos , que posee un panel de control y paradas de emergencia, el diseño se ha realizado en base a las necesidades expuestas por la comunidad, concluyendo en un maquina segura para los operadores que cuenta con las debidas protecciones, de fácil ensamble que se puede adaptar a diferentes procesos y se rige a la normativa de salubridad que exige el Servicio Ecuatoriano De Normalización INEN en las maquinas que procesan alimentos para consumo humano, empleado acero inoxidable TP 304 para la mayoría de sus componentes reduciendo al máximo los rebordes y repliegues donde se pueda acumular agentes contaminantes o suciedad para facilitar la limpieza y desinfección.

3.15 Cálculo de soldadura

Para la construcción de la tolva , tornillo transportador, cuerpo del molino , sistema de regulación de discos y mesa del dosificador requiere de un proceso de soldadura para la unir componentes y dar forma la máquina, esta soldadura referente a la normativa de construcción de máquinas para aplicaciones alimenticias debe tener un excelente acabado liso libre de porosidades para evitar la adhesión de gérmenes y bacterias en las uniones soldadas, el proceso con el que se logra conseguir este tipo de acabados es la soldadura TIG (tungsten inert gas) que garantiza cordones libres de irregularidades y resistente a fisuras .al ser las piezas de acero inoxidable , el aporte a emplearse debe ser compatible con este material por lo que se selecciona barras inoxidables TIG ER-316L ,las propiedades mecánicas mostradas en la tabla 30, garantizaran la resistencia a los esfuerzos sometidos

Tabla 30. Propiedades mecánicas del aporte de soldadura TIG ER-316L[60]

Electrodo	Resistencia a la cedencia	Resistencia a tensión
TIG ER-316L	63 (Mpa)	83 (Mpa)

Para la estructura general cuyo material es acero estructural A36 se selecciona electrodos E6011 para el proceso de soldadura, el cual es compatible con este y posee una alta penetración con un límite de fluencia de 424 Mpa, como se aprecia en la tabla 31 .

Tabla 31. Propiedades mecánicas del aporte de soldadura E6011[61]

Electrodo	Resistencia a la tracción	Resistencia a fluencia
E 6011	495 (Mpa)	424 (Mpa)

La unión de los perfiles que conforman la estructura general se lo realiza con soldadura de ranura y de filete, por lo tanto, se realiza el diseño para estos dos tipos de soldadura de acuerdo a la normativa AWS (American Welding Society) aplicables bajo la especificación del AISC, para determinar la resistencia la conexiones soldadas.

Se realiza el diseño de soldadura de la estructura debido a que esta se encuentra sometida a grandes esfuerzos flexión.

3.15.1 Diseño de soldadura de filete

Los perfiles tubulares cuadrados y rectangulares empleados tienen un espesor de 1.5mm. Según la tabla 32 , para la unión de placas menores a 6 mm el tamaño mínimo de soldadura debe ser la mitad del espesor de la placa más delgada y el tamaño máximo equivale al tamaño de esta.

Tabla 32. Tamaños mínimos para la soldadura de filete especificación del AISC[62].

Espesor del material de la parte unida más delgada	Tamaño mínimo de soldadura de filete
menores a 6 mm	$e / 2$

Entonces el tamaño mínimo y máximo de soldadura para los perfiles es

$$S_{\min} = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 1.5 \text{ mm (figura 98).}$$

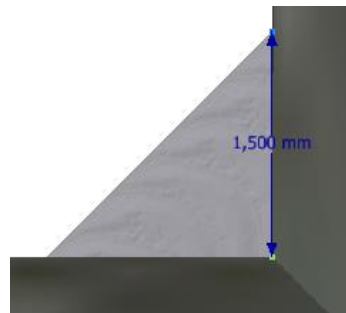


Figura 98. Tamaño máximo de soldadura

El cordón de soldadura de filete forma un triángulo isósceles, obsérvese figura 101, donde S son las componentes vertical y horizontal del triángulo que corresponde al tamaño de soldadura mientras que T es la garganta y w el largo del cordón tal se muestra en la figura 99.

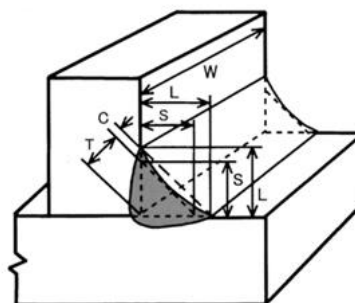


Figura 99. Dimensiones de soldadura de filete[63]

Por lo tanto, la garganta de soldadura es

$$T = S * \cos 45^{\circ} \quad (36)$$

$$T = 1.5 * \cos 45^{\circ}$$

$$T = 1.06 \text{ mm}$$

En la figura 100, se observa que el cordón de soldadura que une al perfil cuadrado con el perfil rectangular tiene una longitud de 33.6 mm

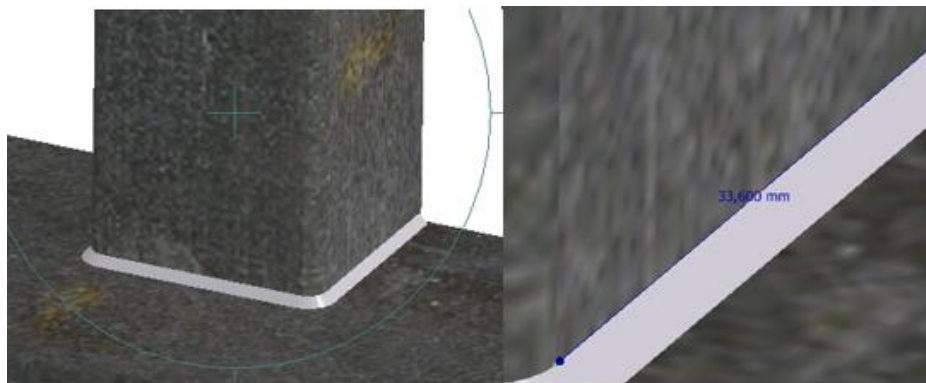


Figura 100. Longitud de cordón de soldadura

Se realiza el análisis de resistencia del diseño soldadura para las dimensiones dadas de filete mediante el método LRFD esfuerzo a flexión, ASD resistencia permisible a fractura de las juntas soldadas.

Para ello se calcula las resistencia nominal del metal de soldadura, ecuación 37.

$$R_n = F_{nw} * A_{we} \quad (37)$$

Donde

F_{nw} = es el esfuerzo nominal del metal de la soldadura

$$F_{nw} = (0.60 FEEX) \quad (38)$$

FEEX = resistencia mínima a la tensión de la soldadura en Psi

Se emplea el electrodo E6011 compatible con el acero A36 con un límite de fluencia de 60.000

Psi = 413Mpa

Por lo tanto

$$F_{nw} = (0.60) * 413 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F_{nw} = 247.8 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

A_{we} = área efectiva de la soldadura [m^2]

$$A_{we} = (\text{garganta } T)(w \text{ longitud de la soldadura}) * 0.707 \quad (39)$$

Datos :

$$T = 1.06 \text{ mm}$$

$$w = 33.6 \text{ mm}$$

0.707 = constante

Remplazando en la ecuación 39.

$$A_{we} = 0.00106m * 0.0336 m * 0.707$$

$$A_{we} = 0.00002518 m^2$$

En la ecuación 37.

$$R_n = * 247.8 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * 0.00002518 m^2$$

$$R_n = 6128.098 N$$

LRFD $\phi = 0.75$	ASD $\Omega = 2$
$\phi R_n * 0.75 = 6128.098 N * 0.75$ $= 4596.3 N$	$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{6128.098 N}{2} = 3064.15 N$

Si en la estructura se aplica una carga de 297.89 [kg] = 2922 N y el cordón aplicado resiste una carga a fluencia 3064.15 N permisible hasta los 4596.3 N carga a fractura. Se conoce que la carga máxima antes de alcanzar el límite de fluencia del cordón de soldadura es menor a la carga aplicada por lo tanto el tamaño de soldadura es adecuado.

3.15.2 Diseño de soldadura de ranura por penetración completa

Cuando se unen placas de diferentes espesores, la resistencia de una soldadura de ranura de penetración completa se basa en la resistencia de la placa más delgada, por lo tanto, si se utiliza acero estructural A36. Mediante el asistente de cálculo de soldadura de Inventor profesional se analiza si el tamaño de soldadura por ranura es adecuado. Tal como se observa en la figura 101, en el asistente se tabulan datos de la fuerza aplicada 2922 N, el grosor de las

placas a unir 1.5 mm, el límite de elasticidad del material de las placas A36 = 360 MPa, coeficiente de seguridad de 2, longitud de soldadura 80mm que corresponde al ancho del perfil.

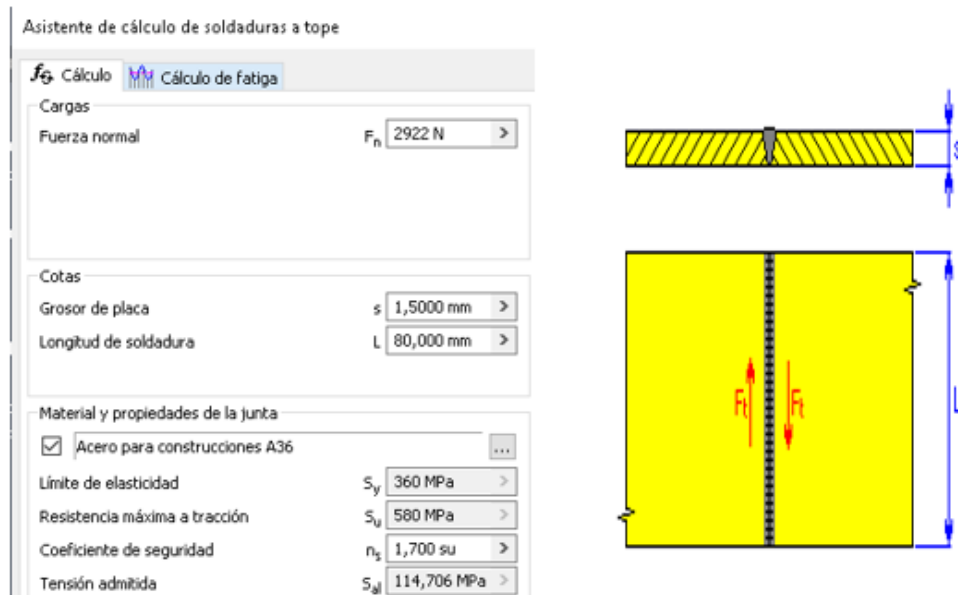


Figura 101. Cálculo de soldadura de ranura

De acuerdo a los datos tabulados se obtiene que el esfuerzo permisible del cordón de soldadura de ranura es de 180 MPa (obsérvese figura 102), menor al esfuerzo permisible del material y la longitud mínima del cordón aplicable es 21.670mm con 0.410 mm de espesor. Por lo tanto, se considera que el diseño de soldadura es aceptable.

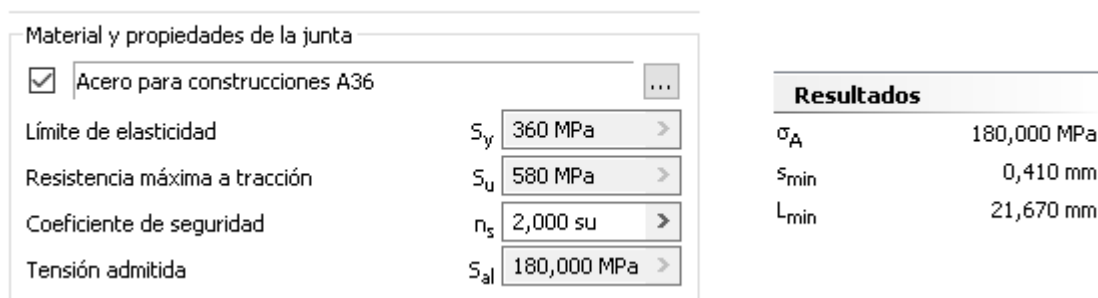


Figura 102. Esfuerzo permisible del cordón de soldadura

La soldadura de filete y ranura calculada es la que se utilizara para la construcción de toda la estructura metálica.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo, se analizan el costo del proyecto, realizando una sumatoria de todos aquellos gastos generados para su construcción, con el fin de evaluar la rentabilidad de la inversión y el tiempo de retorno de este.

En la tabla 33 y 34, se describen los costos de cada uno de los elementos estructurales, detallando si estos son fabricados o adquiridos

Tabla 33. Material para construcción

Descripción	Empleo/uso	Cantidad	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
Tubo Ø 2" cedula 40	Molino	1	46.00	46.00
Disco Ø 150 mm	Molino	1	104.00	104.00
Disco fijo Ø 150 mm	Molino	1	104.00	104.00
Tornillo roscado Ø 5/8" NC	Molino	1	38.00	38.00
Espiral Ø 52 mm	Molino	1	57.55	57.55
Eje motriz Ø 1"	Molino	1	57.55	57.55
Disco de soporte	Molino	1	54.00	54.00
Tuerca moleteada	Molino	1	41.00	41.00
Platina plegada	Molino	1	15.60	15.60
Tapa o recubierta	Molino	1	4.40	4.40
Lamina esp. 1.5 mm ASTM A-240 TP 304	Tolva	2	10.5	21.00
Lamina esp. 1.5 mm ASTM A-312 TP 304	Tolva	2	10.5	21.00
Bastidor o soporte	Dosificador	1	22.00	22.00
Soporte rectangular	Dosificador	4	9.00	36.00
Tubo 80x40x2.0 mm	Plataforma	4	15.00	62.24
Tubo Ø38x2.0 mm	Plataforma	4	15.00	62.24
Tubo 40x40x2.0 mm	Plataforma	14	15.30	214.20
Lamina diamantada 2.0 mm	Plataforma	5	15.00	62.24
			Total	\$ 1023.02

Aquellos que por lo general se encuentran en el mercado son elementos normalizados. Estos se pueden apreciar en la tabla 34, con su valor monetario cuyo dato se ha obtenida a través de cotizaciones en diferentes centros de expendio de materiales, mecanizado y talleres que se dedican a la construcción y ensamble de máquinas.

Tabla 34. Material de adquisición

	Descripción	Empleo	Cantidad	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
Material de adquisición	Perno M10x12	Molino	3	1.75	5.10
	Perno M12x25	Molino	2	0.75	1.50
	Tuerca M12	Molino	2	0.75	1.50
	Perno Allen M8x50	Dosificador	2	0.80	1.60
	Rodamiento SKF-6204	Molino	1	4.00	4.00
	Rodamiento SKF-30205	Molino	1	3.50	3.50
	Tuerca Ø 5/8" NC	Molino	2	1.70	3.40
	Ferrul Ø2"	Dosificador	3	8.00	24.00
	Manguera Ø1"	Dosificador	1	1.15	1.15
	Abrazadera Clamp Ø2"	Dosificador	4	15.93	63.72
	Cauchos	molino	1	15.84	15.84
	Cara acople	Molino	1	17.15	17.15
			Total		142.46

A todo esto, se suman los gastos por material eléctrico y motores de accionamiento, ver tabla 35.

Tabla 35. Material eléctrico

	Descripción	Empleo / uso	Cantidad	Valor unitario en dólares	Valor total en dólares
Material eléctrico	Cable concéntrico		5	2.30	11.50
	Cable flexible		20	0.19	3.80
	Contactador		2	17.10	34.20
	Gabinete metálico		1	31.25	31.25
	Luz piloto		4	2.23	8.92
	Porta fusible		6	2.46	14.76
	Pulsador simple		4	3.13	12.52
	Pulsador rojo		1	3.13	3.13

Motor monofásico 1hp	Molino	1	20	270
Total				390.08

Los componentes de la máquina que se han diseñado como el molino, la estructura de soporte, el sistema de dosificación implica la compra de materiales y necesita de procesos tales como corte, mecanizado, soldadura y principalmente el talento humano para su construcción y ensamble, por lo también se considera el costo que este genera. Estos tipos de trabajo están descritos en la tabla 36 y 37.

Tabla 36.Costo de ensamble y construcción

Cargo	Días de trabajo	Costo/día	Costo total
Maestro	14	40	\$560
Ayudante	14	30	\$420
Costo Total			\$980

En la tabla 37, se describen los procesos que requieren de máquinas herramientas para su ejecución que se considera costos por hora.

Tabla 37.Costos por procesos

Proceso	Costo/Hora	Horas de Trabajo	Costo total
Mecanizado	25	18	\$450
Corte	50	3	\$150
Pintura	10	1	\$10
Soldadura	30	6	\$180
Costo Total			\$790

Considerando todos los gastos tabulados , se logra obtener el costo general de la máquina, el mismo que se puede apreciar en la tabla 38. Obteniendo un costo total de 4.100 dólares americanos.

Tabla 38. Costo total del equipo – molino dosificador

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Dosificador	2300	\$2.300,00
1	Molino de disco	600	\$600.00
1	Mezcladora	700	\$700.00

1	Plataforma	400	\$400.00
1	Tolva de carga	100	\$100.00
Costo Total			\$4.100.00

4.1 Viabilidad del proyecto

Para evaluar la viabilidad el proyecto se debe considerar a aquellos costos directos de adquisición de la máquina, tanto como que se generan cuando la equipo se encuentra en operación tales como: consumo energético de la máquina, operarios de producción y el mantenimiento equipo, las mismas que se pueden apreciar en las tablas 39 y 40.

Tabla 39.Consumo eléctrico del equipo

Consumibles de energía eléctrica	Energía de consumo KW	Horas de trabajo al mes	Consumo mensual KW	Costo de consumo
motor monofásico 1Hp	0.746	60	44.76	4.03
motor monofásico 2 Hp	1.492	30	44.76	4.03
compresor 1 hp	0.746	60	44.76	4.03
Costo total mensual				12.09

Los costos por operación consisten en todos a aquellos gastos generados por mantenimiento de la máquina, obsérvese figura 40.

Tabla 40. Costos de operación

Personal	Costo mensual
operario	800
Mantenimiento	60
Herramientas	10
Total	870

La rentabilidad se analiza mediante la evaluación del flujo de caja, donde se consideran los ingresos efectuados, por la actividad de comercialización de humitas y los egresos que, producidos por su preparación, en el flujo de caja se toma en cuenta la depreciación la maquina

como activo de egreso, cuya depreciación se calcula en base de una vida útil de 8 años tal como se observa en la figura 41, teniendo un costo en el lapso de 8 años de 396 USD.

Tabla 41. Depreciación de maquinaria

Año	Valor [USD]	Depreciación	Depreciación acumulada
0	\$4.100,00		
1	\$3.704,00	\$396,00	\$396,00
2	\$3.308,00	\$396,00	\$792,00
3	\$2.912,00	\$396,00	\$1.188,00
4	\$2.516,00	\$396,00	\$1.584,00
5	\$2.120,00	\$396,00	\$1.980,00
6	\$1.724,00	\$396,00	\$2.376,00
7	\$1.328,00	\$396,00	\$2.772,00
8	\$932,00	\$396,00	\$3.168,00

Los ingresos se calculan en base al trabajo de la máquina, la cual operara una hora día, 5 días a la semana, la producción de esta se puede apreciar en la tabla 42.

Tabla 42. Producción mensual

Producción mensual	Cantidad	Unidades
Tiempo de operación de maquina	1.00	horas
Producción	571.00	humitas
Producción mensual	11.420,00	humitas
Valor por empaque de 3 unidades	1.50	USD
Ingreso mensual	5.710,00	USD

Se obtiene ingresos mensuales 5.710 USD por la comercialización 3806 paquetes de 3 unidades.

Los egresos se consideran todos aquellos gastos realizados para la producción y el costo de adquisición del molino dosificador, la cual se desglosa del primer mes, obsérvese tabla 43. En este mes no se perciben ganancias según el flujo de caja a razón de que en este de lapso se busca recuperar el capital invertido.

Tabla 43. Flujo de caja ingresos. egreso

FLUJO DE CAJA						
Descripción	Valor mensual					
	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses
Costo de maquina	4.100,00					
Ingresos						
Ingresos por venta de producción	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00
Egresos						
Mantenimiento	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Empaque	571,00	571,00	571,00	571,00	571,00	571,00
Cocción	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Operadores	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Decimos		-	-	-	-	-
Seguro IESS	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Materia prima	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00
Consumibles	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Consumo de energía	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
Transporte	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Depreciación mensual	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
Salvamento 8 años		-				
Espacio Físico	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Ingreso total	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00	5.710,00
Egreso total	7.771,69	3.671,69	3.671,69	3.671,69	3.671,69	3.671,69
Total	- 2.061,69	2.038,31	2.038,31	2.038,31	2.038,31	2.038,31

4.1.1 Valor actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)

Mediante los flujos de caja se analizará la rentabilidad de proyecto evaluando si la inversión en el proyecto es conveniente, calculando el tiempo de recuperación de este y las ganancias obtenidas. La condición es superar la tasa de interés del 10 % de la inversión

El capital a invertirse es de 7.771,69 dólares, mediante las tablas 44 y 45 se calcula el VAN y el TIR.

Tabla 44 Tasa interna de retorno

Periodo	Flujo de fondos
0	-\$ 7.771,69
1	\$ 2.038,31
2	\$ 2.038,31
3	\$ 2.038,31
4	\$ 2.038,31
5	\$ 2.038,31
6	\$ 2.038,31

Como resultado se tiene una tasa interna de retorno del 15 % que es mayor al 10 % condicionado, por lo tanto, la inversión es rentable

Tabla 45. Valor actual neto

Proyecto molino dosificador	
TIR Anual	15.76%
VAN	\$4.109,25

4.1.2 Tiempo de retorno de la inversión

Según la tabla 42, el tiempo estimado de recuperación de la inversión total se da a partir de los 5 meses, 8 días, sin embargo, según el flujo de caja se comienzan a percibir ganancias a partir del tercer mes.

Tabla 46 Periodo de recuperación de inversión

Meses	Flujo mensual	Flujo acumulado
0	7771.69	
1	-2061.69	-2061.69
2	2038.31	-23.38
3	2038.31	2014.93
4	2038.31	4076.62
5	2038.31	6114.93
6	2038.31	8153.24
Tiempo de recuperación		5.8

CONCLUSIONES

- En la Asociación Alimentando con sabiduría, se pudo verificar que la molienda para obtener pasta de maíz lo realizan con un molino de mano, procesan 2 sacos de choclo y obtienen 15 Kg/día de pasta de maíz, el sistema de mezclado, de esta operación lo realizan de manera artesanal en unos recipientes de acero inoxidable; el dosificado para obtener el producto final que son las humitas en la mayoría de los casos, lo realizan manualmente y obtienen 180 humitas de 70gr c/u. Todo este proceso lo realizan en 8 horas con asistencia de 3 personas.
- Para ejecutar el proyecto se plantea tres tipos mecanismos a emplearse: un molino de discos con capacidad de 40Kg/para la fragmentación de la materia prima (choclo), una mezcladora de cintas helicoidales que se encargara de mezclar la pasta con los demás ingredientes y una dosificadora neumática volumétrica que se emplea para el porcionamiento de la pasta para humitas.
- El Molino de discos se diseñó, con una tolva que abarca 40 kg de maíz en grano, un tornillo helicoidal de trasportación con paso 25 mm cuya función es movilizar la materia prima hacia los discos de fragmentación la misma que se encuentra insertada concéntricamente dentro de un canalón, dos discos uno móvil y otro estático construidos en acero inoxidable M300, con tratamiento térmico de temple y revenido con dureza de 44 HRC, lo que lo hace ideal para aplicaciones de grandes esfuerzos a fatiga superficial y abrasión.

Los discos ranurados son de 150 mm de diámetro y 8mm de espesor tienen en sus entradas ranuras de 13 mm siendo esta la mayor longitud que presenta un grano de maíz; los rompedores evitan el retroceso de la materia prima. Mezcladora: esta no se diseñó ya que la asociación dispuso de este equipo para integrarlo en la máquina. El Dosificador es Neumático, permite dosificar de manera manual y automática fluidos de diferente densidad y viscosidad, adaptable a diferentes procesos y aplicaciones futuras, la dosificación máxima es de 526 g con un desplazamiento total del embolo, para lograr dosificar la cantidad requerida de 70 g se debe ejercer una presión de 0.059 Psi con un recorrido del pistón de 33.22 mm , el recorrido a realizar se regula mediante la perilla

giratoria del cilindro neumático, el desplazamiento se puede apreciar en regleta posicionada sobre el cilindro. Su estructura presenta facilidad para montaje y desmontaje al momento de realizar la limpieza.

- La simulación estática del molino dosificador se realiza en el Software especializado “Inventor profesional”, el cual se obtiene los siguientes resultados: al aplicarse una carga de 392 N sobre las caras internas de la tolva, no presenta deformaciones si se emplean láminas de acero inoxidable AISI 304 de 1.5 mm de espesor para su construcción. El tornillo de transportador se somete a fuerzas puntuales de 600 KN y distribuidas de 14 N, verificando que no se produzca fallas a lo largo del eje, logrando verificar que la sección que se somete a mayores esfuerzos es donde se acopla el disco. Finalmente se desarrolla el análisis de esfuerzo en la plataforma de la estructura, aplicando una carga distribuida de 1066.64 KN deduciendo que los perfiles a emplearse deben ser de acero estructural A36 para trabajar sin que se acerquen al límite elástico evitando daños en su composición interna

RECOMENDACIONES

- La mayoría de los componentes han sido diseñados en acero inoxidable, para cumplir con normas de salubridad y fácil limpieza por que se recomienda que después de la maquina termine de operar, siempre se desarrolle una correcta limpieza general de todos sus componentes ya que están sometidos a líquidos que puedan causar deterioro en sus componentes y reducir su vida útil y provocando anomalías en misma.
- Antes de operar la maquina se recomienda la preparación y regulación de los equipos de manera especial en el molino y dosificador que siempre necesitan de supervisión.
- Se recomienda que los operadores cuenten con equipos de seguridad, con la asistencia de por lo menos dos personas, deben evitar ingresar manos u otro tipo de herramientas cuando los equipos permanezcan encendidos, el control de parámetros y características de la pasta se deben realizar con el equipo apagado.
- Se debe realizar mantenimientos periódicos en especial de los discos, ya que cuando se realiza la molienda se produce fricción constante en las muelas y tienden a desgastarse, por lo que se recomienda realizar un afilado cada 6 meses si se trabaja constantemente, los rodamientos necesitan de lubricación por lo cual es necesario realizarlo frecuentemente como grasas vegetales o alimenticias. Además, se debe tener en cuenta un cronograma de mantenimiento preventivo de la maquina en general para evitar paraos en la producción
- El dosificador ha sido diseñado para diversas dosificaciones, en el presente trabajo se establecen los recorridos y presiones necesarias referencialmente para el porcionamiento de pasta de humitas, pero si se desea realizar otras cantidades de dosificación, se debe regular las presiones y el recorrido ajustándolos hasta conseguir el volumen que se desee. Es importante recalcar que no es apto para dosificar solidos por ser alimentos más densos, pero se puede emplear para líquidos y pastas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. David, G. Tovar, B. Sthepani, O. Colonia, C. D. Grande, and T. Químico, “Producción y procesamiento del maíz en Colombia * Corn Processing and Production in Colombia,” 2013.
- [2] “[https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2440/1/iniapscg96.pdf](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpalomitasdemaiz.org%2Fsemillama.html&psig=AOvVaw1gi3tTEHvfA1qM-EMQZaDm&ust=1671320816074000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjRxqFwoTCJCboqWp__sCFQAAAAAdAAAAABAU.”</p><p>[3] I. M. S. José Velasquez, I. D. Peñaherrera, and J. L. Zambrano, “RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION DE SEMILLAS.” Accessed: May 14, 2022. [Online]. Available: <a href=)
- [4] “iniapscFTMaízINIAP122 av. (1)”.
- [5] “La Humita, una comida con caracteres muy originarios.”
- [6] “<https://recetas123.net/wp-content/uploads/humitas-1.jpg>”.
- [7] E. A. Blanco, “BLOQUE II-CAPÍTULO 8. MOLIENDA.” Accessed: May 15, 2022. [Online]. Available: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/8._molienda.pdf
- [8] “BLOQUE 2: OPERACIONES DE PREPARACIÓN. TEMA 4: REDUCCIÓN DE.”
- [9] “Molino de martillos para maíz,”

- [11] nombre Castelló Gómez Marisa, B. Puigdollers Cristina, P. Esteve Édgar, and N. Betoret Valls, “Reducción del tamaño de partículas y tamizado de sólidos.”
- [12] “CAPÍTULO 2 MOLINOS PARA GRANOS SECOS 2.1 GENERALIDADES.”
- [13] “PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.”
- [14] “Capítulo 9. REDUCCIÓN DE TAMAÑO. MOLINOS”.
- [15] L. Atarama-Valdiviezo, “SISTEMATIZACIÓN DE DISEÑO DE MOLINOS DE MARTILLOS FIJOS PARA GRANO Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional Repositorio institucional PIRHUA-Universidad de Piura.”
- [16] “YILIKISS Molinillo eléctrico de grano para molinillo húmedo seco, máquina de molinillo de maíz comercial de 110 V, molinillo de cereales secos húmedos, molinillo de trigo con embudo,” <https://www.amazon.com/-/es/YILIKISS-Molinillo-eléctrico-molinillo-comercial/dp/B09KBXCH7R>.
- [17] R. Barreno, D. Sebastian, S. Paredes, and G. Alfonso, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ACONDICIONAMIENTO FINAL DE CHOCOLATE PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTORES.”
- [18] “Molino O Triturador De 3 Rodillos Acero, Ideal Para Maltas,” https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-608931822-molino-o-triturador-de-3-rodillos-acero-ideal-para-maltas-_JM.
- [19] “PRÁCTICA # 8.” [Online]. Available: <http://www.codelco.com/educ>
- [20] “Molino de bolas RAS-MC,” <https://www.directindustry.es/prod/tecno-3-srl/product-97633-1781359.html>.
- [21] User, “REDUCCION DE TAMAÑO. INTRODUCCIÓN (Pag. Web).”
- [22] “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA Trabajo de titulación previo a la obtención de: INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SHAMPOO CON CAPACIDAD DE 100 LITROS/HORA PARA LA.”
- [23] I. Alfredo, V. Calle, G. Gerardo, and V. Vega, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO DE UNA

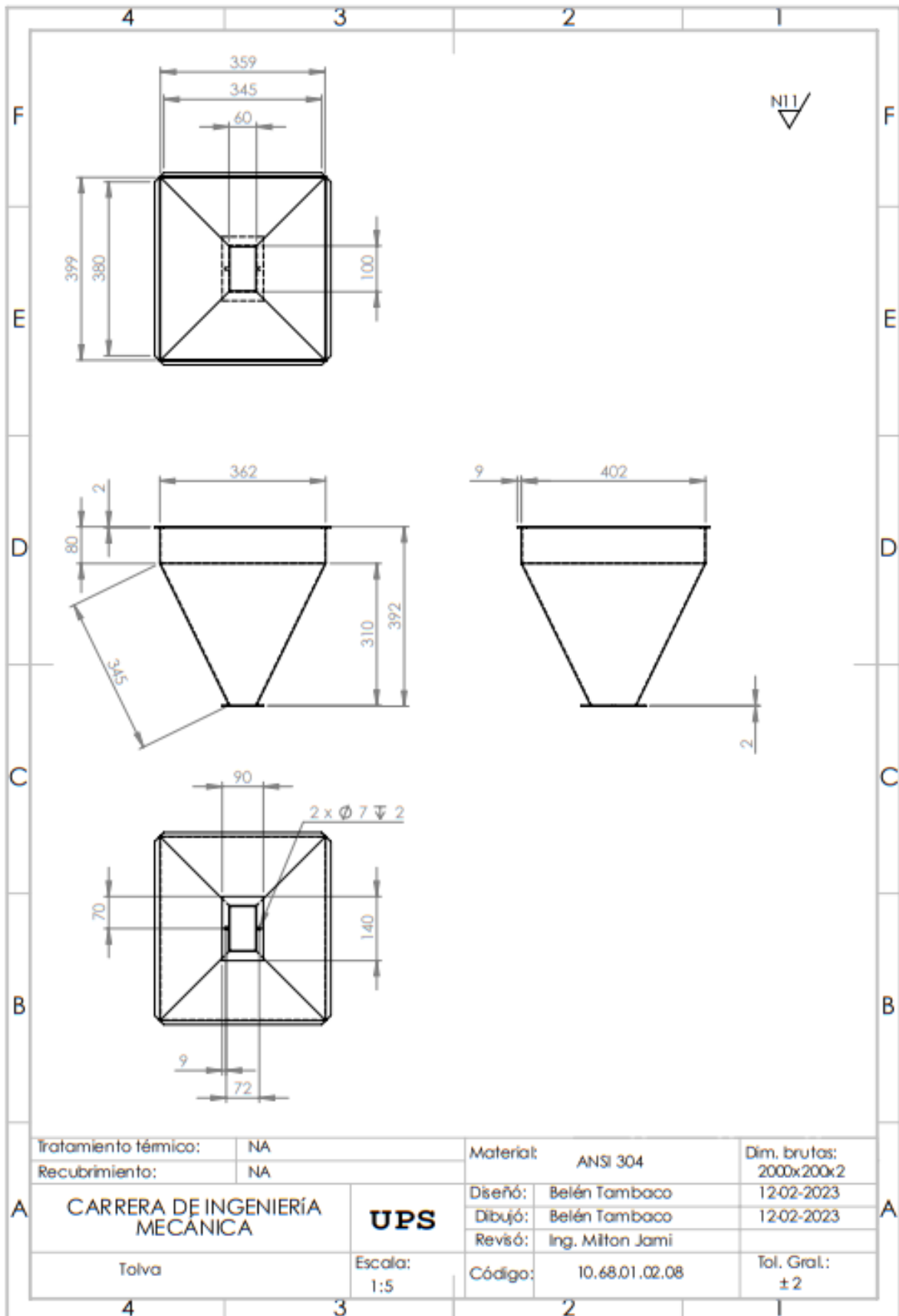
DOSIFICADORA DE JABONES DE GLICERINA CON CAPACIDAD DE SETENTA Y DOS UNIDADES POR MINUTO PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.”

- [24] H. Mauricio, O. Acosta, D. Alejandro, and C. Balseca, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE MASA PARA LA ELABORACIÓN DE HUMITAS PARA LA EMPRESA ‘DEL VALLE LOJANO’ PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO.”
- [25] “Dosificador Gravimétrico, NGM,” <http://conveyingsolution.com.ar/7-2-ngm-ngm-gravimetric-doser-and-blender.html>.
- [26] “J. C. Rodríguez, «Mezclado y Mezcladoras,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.cpbmexico.com.mx/PDF/mez4b566.pdf>.”
- [27] “https://es.made-in-china.com/co_aocno-bakery/product_Industrial-Bread-Kneading-Dough-Processing-Mixer-Mixing-Machine-Manufacturer_rruyehsg.html”.
- [28] “[F. Sánchez y H. Valverde, «Diseño y construcción de un mezclador para la obtención de crema solar,» 2014. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3503/1/96T00256%20UDCTFC.pdf>”.
- [29] “PULVEX, [En línea]. Available: <http://maquinariapulvex.com/mezcladorahorizontal.html>. [Último acceso: 09 2017].”.
- [30] “<https://i.ytimg.com/vi/gnsutB-rdfg/mqdefault.jpg>”.
- [31] “<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSGBUxy6k4E4KfL1i94RZ72v-hYykC1SR3lkLRDQQMwuDE059hneCEAAHTGLmnhyYH0eqA&usqp=CAU>”.
- [32] “6 Máquinas y mecanismos.”
- [33] “REDUCTORES DE VELOCIDAD.”
- [34] “CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES ¿QUÉ ES EL ACERO INOXIDABLE?”
- [35] “Reductores corona de tornillo sin fin,” <https://www.roydisa.es/archivos/3356>.
- [36] “reductor Cilíndrico helicoidal,” <https://www.roydisa.es/archivos/3356>.

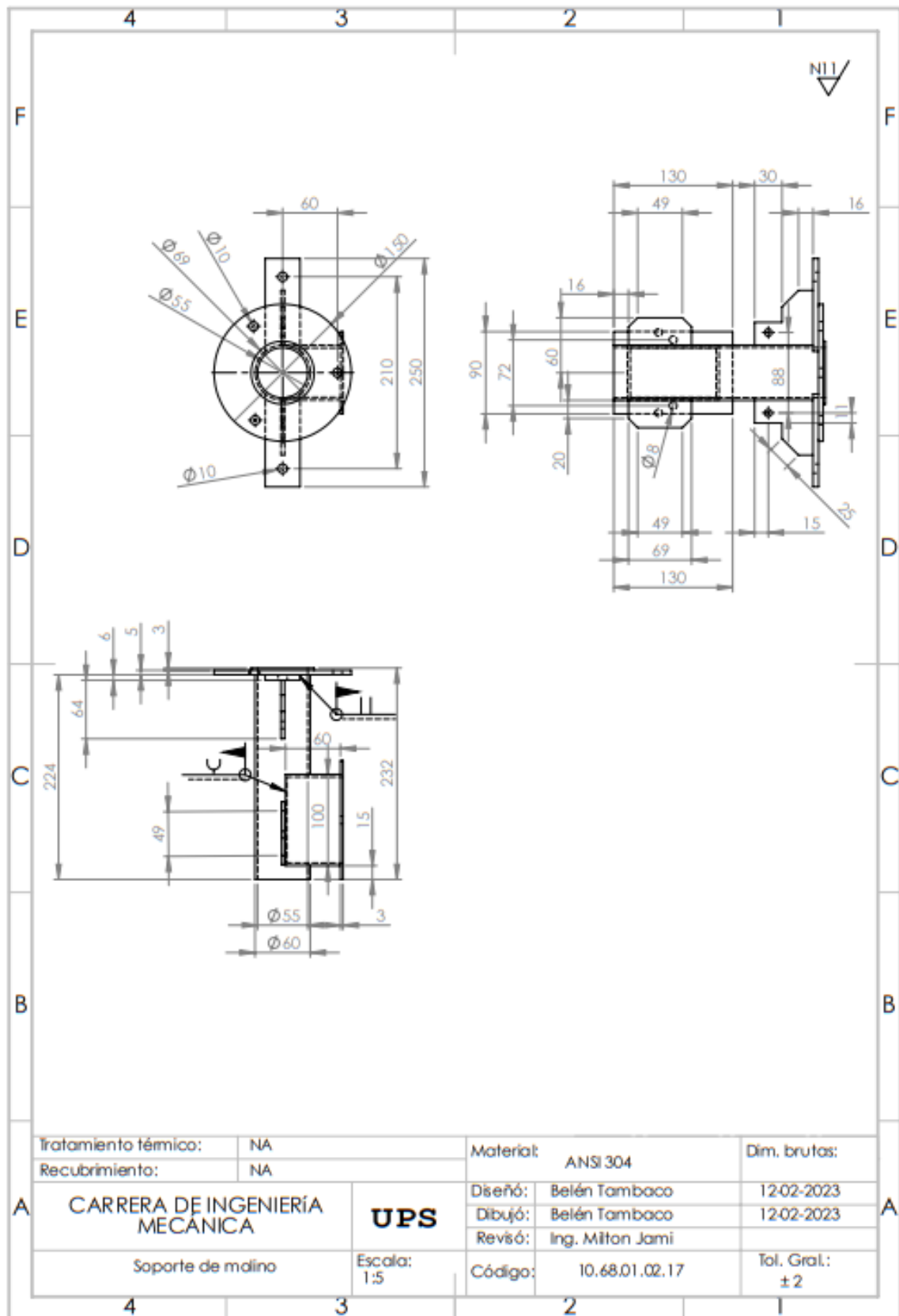
- [37] “REDUCTORES DE ENGRANAJE CÓNICO,” <https://www.motorreductores.com.co/reductores-de-engranaje-conico>.
- [38] “Reductor de engranajes helicoidales paralelos,” <http://www.jiangsu-zhengming.com/geared-motor/helical-geared-motor/f-series-parallel-helical-gear-reducer.html>.
- [39] “REDUCTORES DE VELOCIDAD.”
- [40] Carles. Riba i Romeva, *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Edicions UPC, 2008.
- [41] D. E. Solapado and S. O. Traslape, “UNION A TOPE O EMPALMADA.”
- [42] R. Barreno, D. Sebastian, S. Paredes, and G. Alfonso, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ACONDICIONAMIENTO FINAL DE CHOCOLATE PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTORES.”
- [43] H. Mauricio, O. Acosta, D. Alejandro, and C. Balseca, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE MASA PARA LA ELABORACIÓN DE HUMITAS PARA LA EMPRESA ‘DEL VALLE LOJANO’ PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO.”
- [44] “Componentes de sin fin transportador.”
- [45] C. accesorios de Transportadores Helicoidales, “H-2 Componentes y Accesorios para Manejo de Materiales.”
- [46] “ASTM 304 Propiedades Mecánicas,” <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>.
- [47] Carrera, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.”
- [48] R. Demanet, F. Cristian, and C. Cartes, *Cultivo del maíz para ensilaje*.
- [49] “Maíz Crecimiento y desarrollo,” https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicio_s/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf.
- [50] “RESISTENCIA DE SEMILLAS DEL HÍBRIDO DE MAÍZ HS-2 A COMPRESIÓN AXIAL,” <https://www.redalyc.org/journal/610/61051194004/html/>.

- [51] “compresor,” <https://comercialginatta.com.ec/tienda/herramientas-y-equipos/compresores/compresor-de-banda-1hp-40-litros-110v/>.
- [52] “unidad de mantenimiento,” <https://www.cenisa.com.mx/producto/unidad-de-mantenimiento-frl-de-3-4-purga-manual/>.
- [53] “partes de un cilindro de doble efecto,” <https://makinandovelez.wordpress.com/2019/01/07/cilindro-de-doble-efecto/>.
- [54] “interruptor,” <https://avelectronics.cc/producto/mini-interruptor-rocket-on-off/>.
- [55] “Pulsador de parad de emergencia,” <https://cablematic.com/es/productos/caja-de-pulsador-de-parada-de-emergencia-con-bloqueo-nc-TH022/>.
- [56] Gómez Sergio, *SolidWOrks Simulation*, Primera edicion. Madrid, España: Alfaomega Grupo Editor, S.A.de C.V., México., 2010.
- [57] “<http://miguelpena.site/wp-content/uploads/2023/01/como-hacer-un-analisis-por-elementos-finitos.webp>.”
- [58] “https://media.licdn.com/dms/image/C4E0DAQFEw5Upj7EImw/learning-public-crop_288_512/0/1675238553678?e=2147483647&v=beta&t=zt8HUrEqGKIw_t_hBTVW-uhwCSU0Iq2deCMVFeIARPs.”
- [59] “<http://m.ss-pipes.com/info/410-stainless-steel-properties-51884836.html>.”
- [60] “https://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StainlessNickelandHighAlloy-Lincoln-LincolnER316316LCF/Lincoln-ER316316LCF_es-mx.pdf”.
- [61] “file:///C:/Users/hp/Downloads/ID3318_file_1115_6011.pdf”.
- [62] J. C. McCormac, *Diseño de estructuras de acero*. Marcombo, 2012.
- [63] “https://www.kobelco-welding.jp/espanol/education-center/abc/ABC_2000-01.html.”

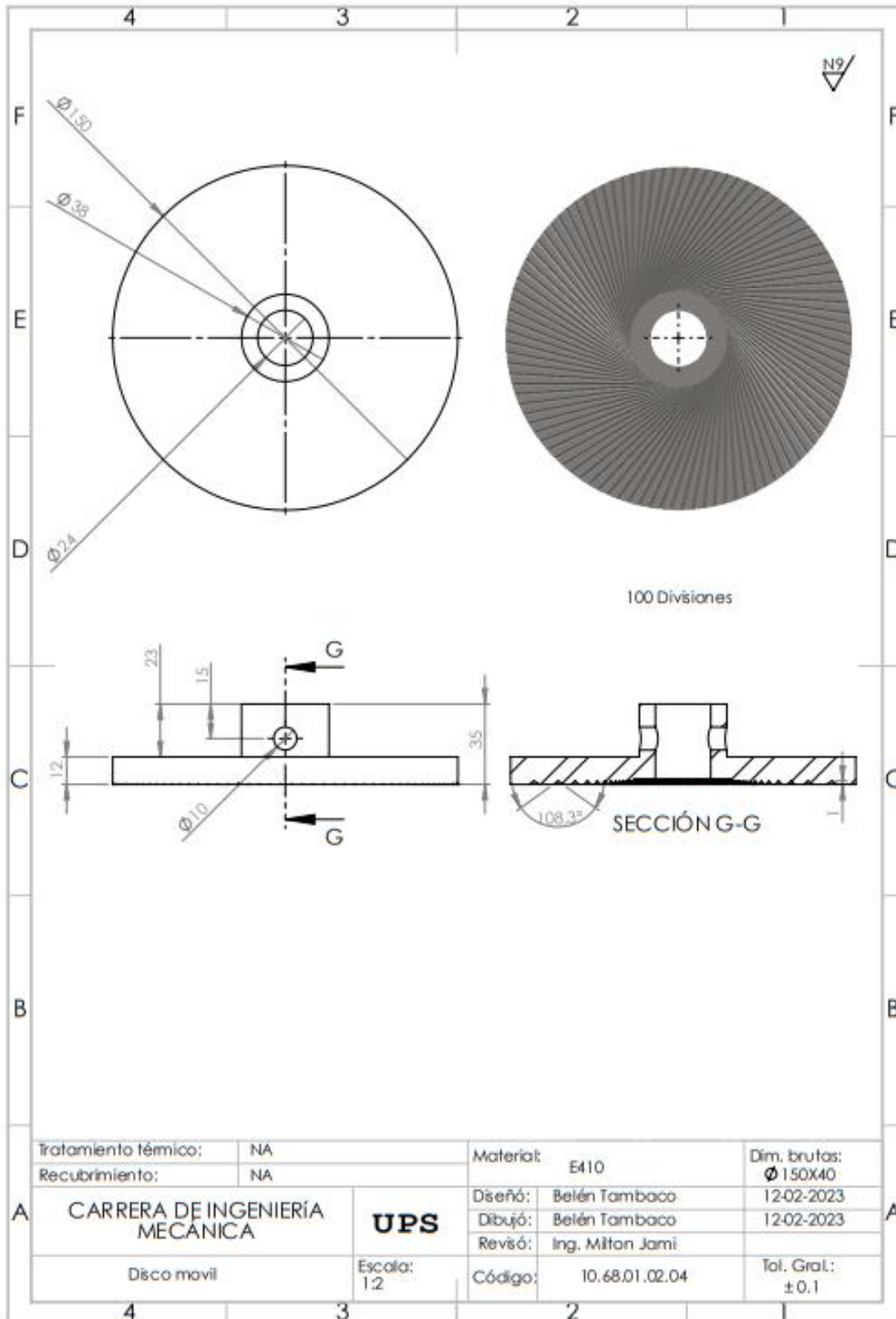
Anexo 1.



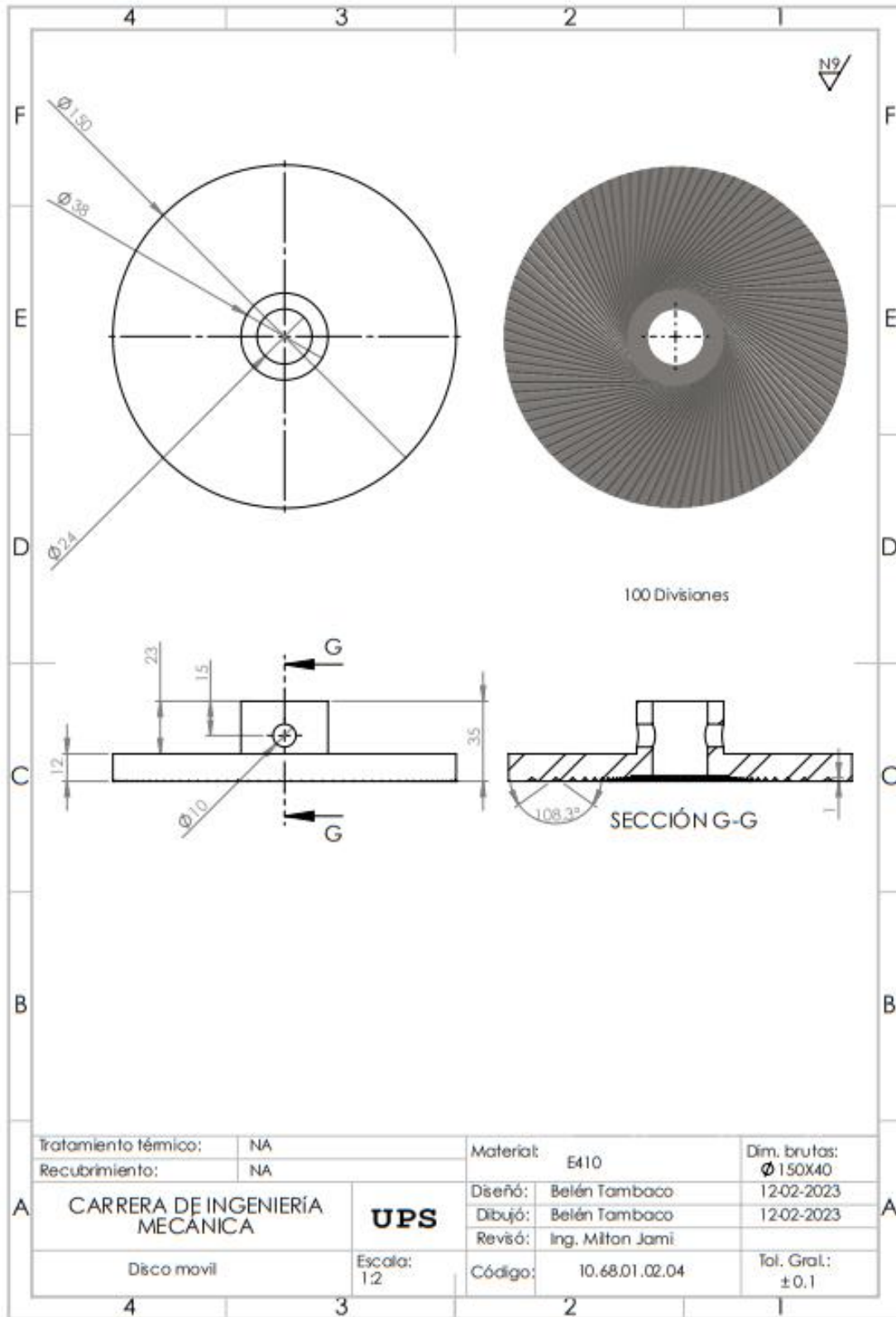
Anexo 3.



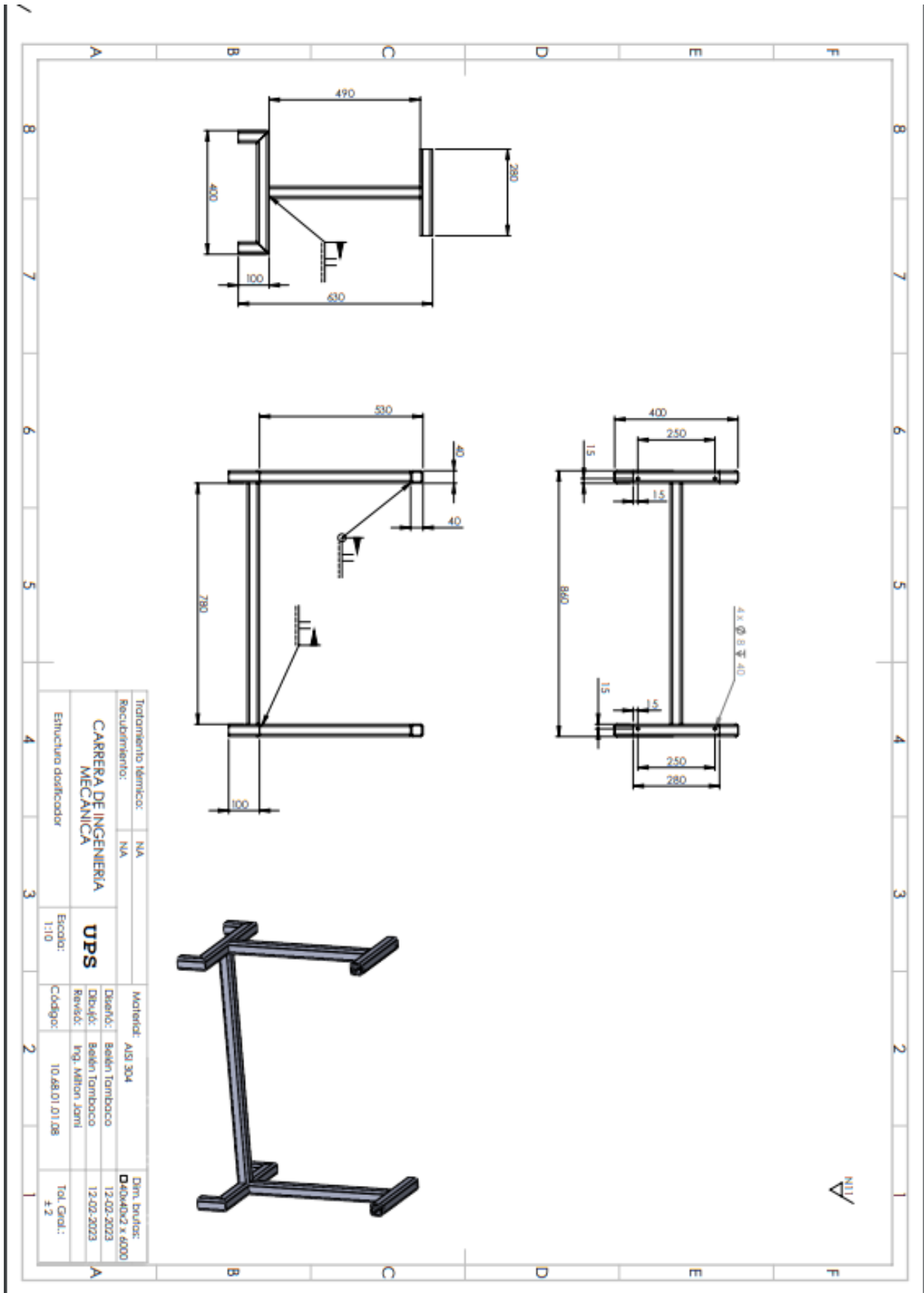
Anexo 4.



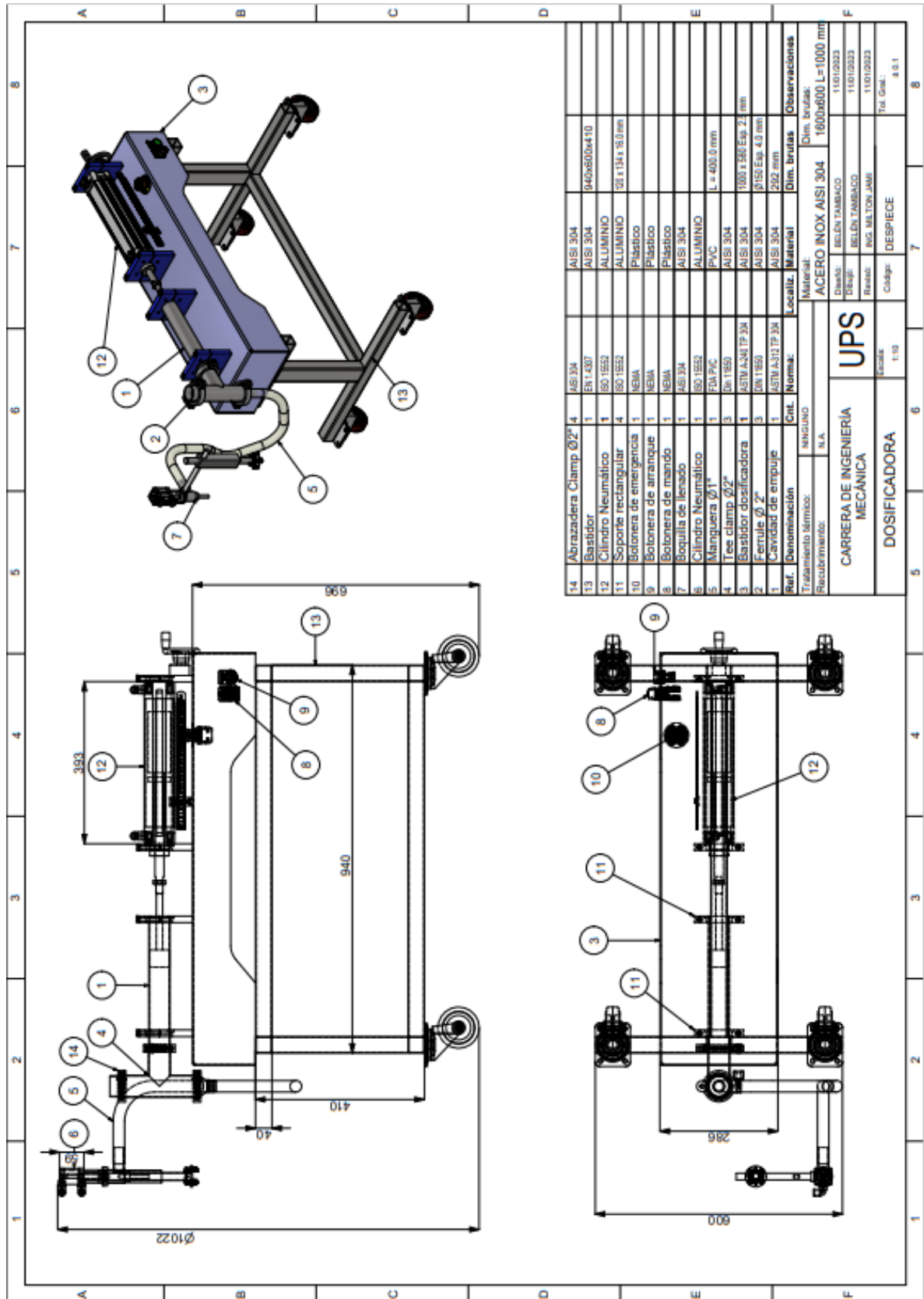
Anexo 5.



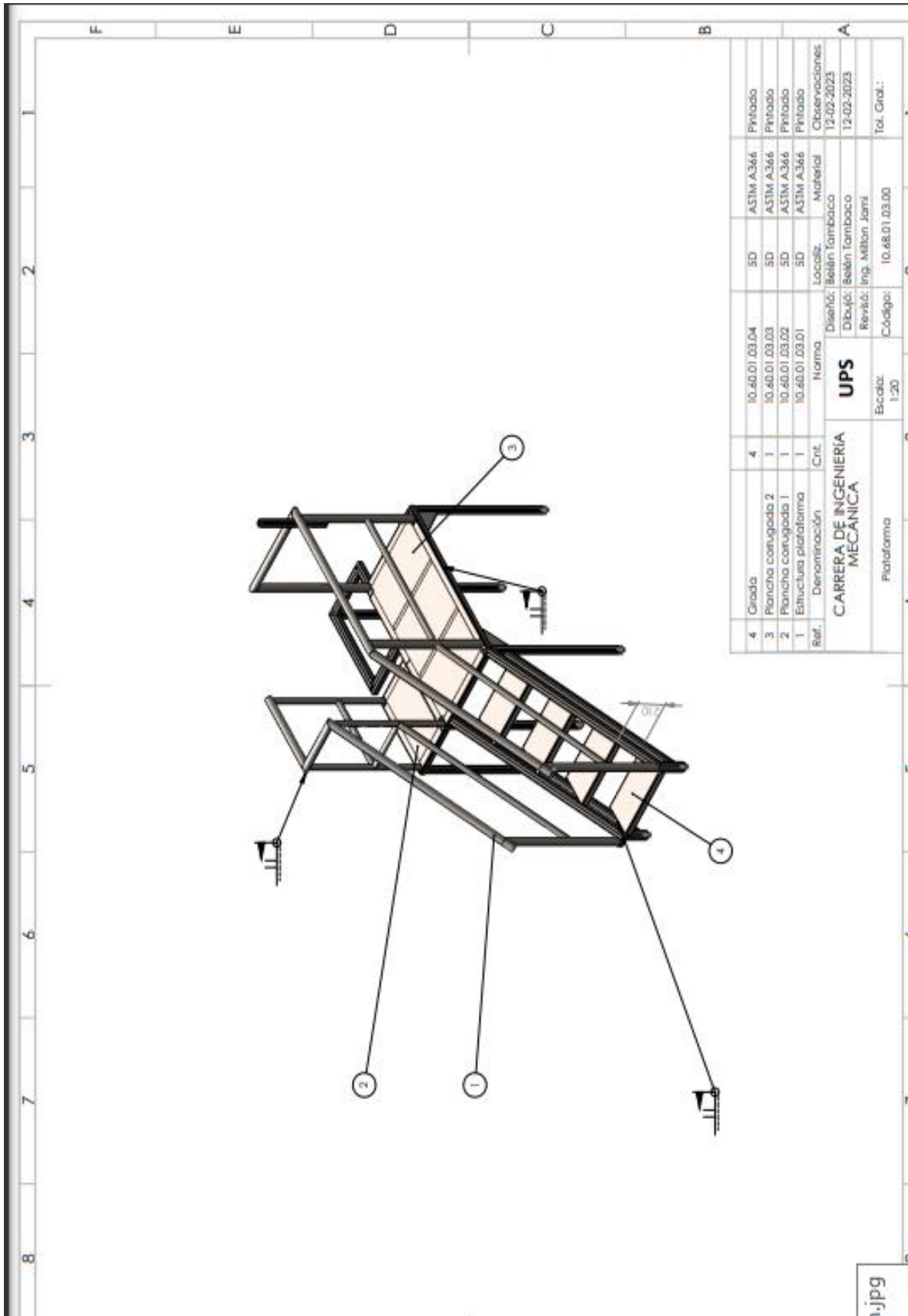
Anexo 7.



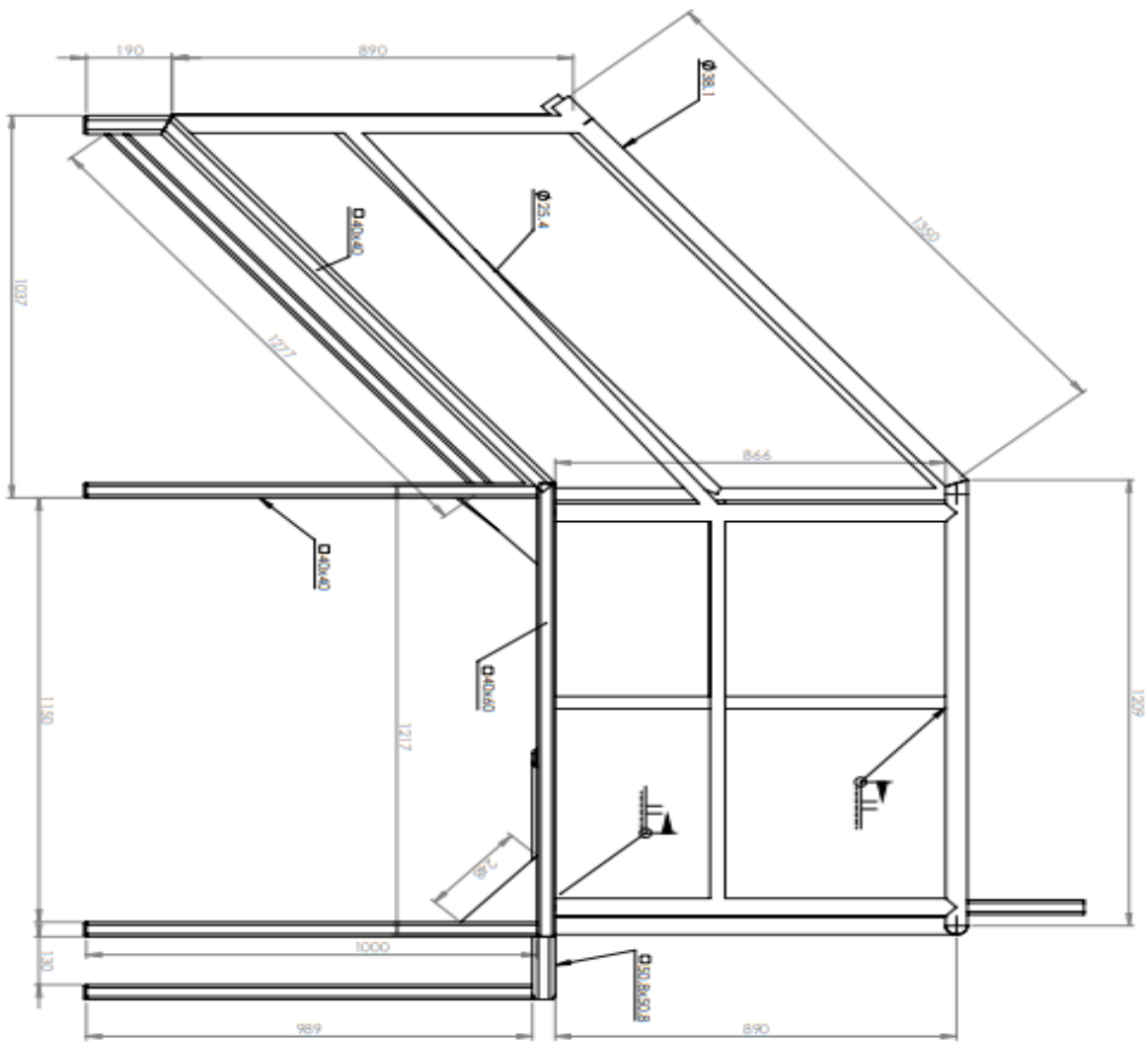
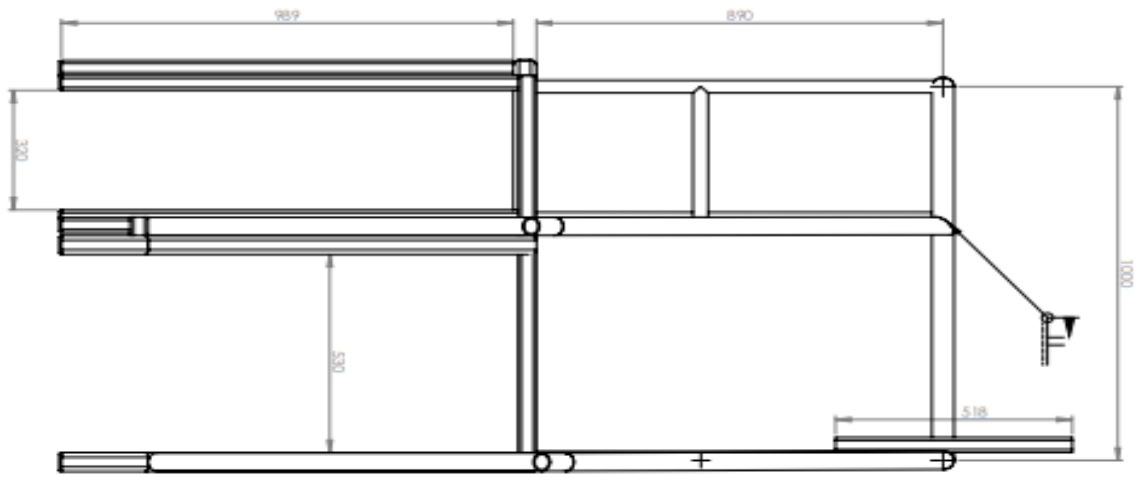
Anexo 8.

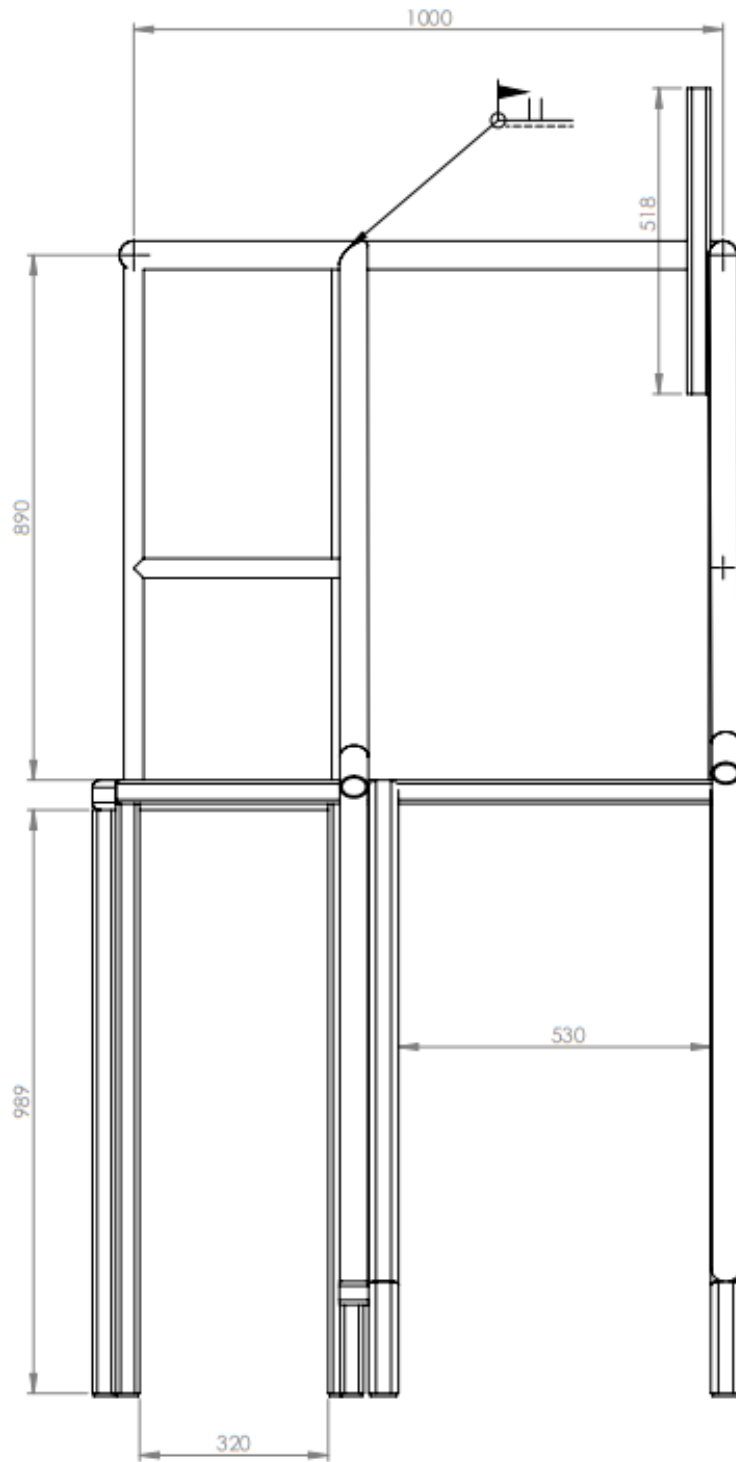


Anexo 9.

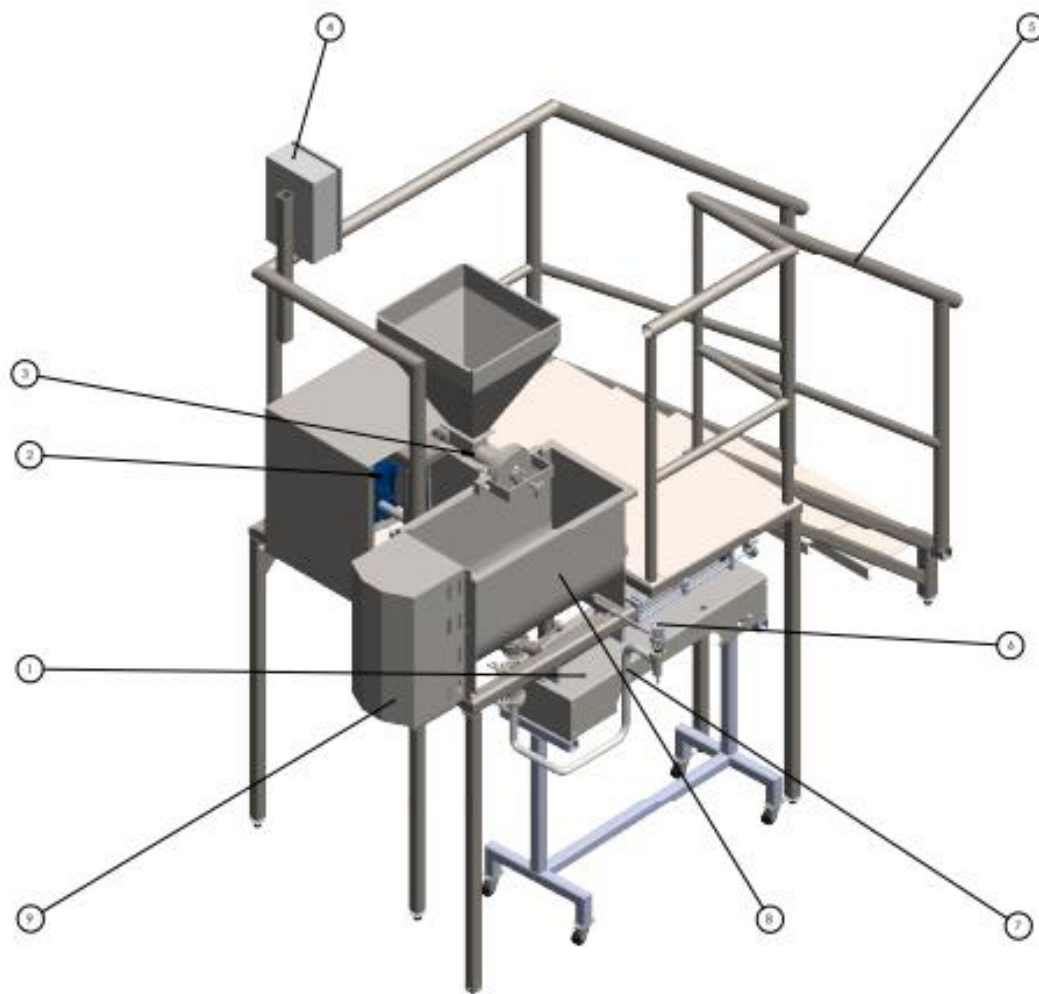


1.jpg





Anexo 10.



9	Motorreductor 2 HP	1		8C			NA
8	Mezcladora	1	10.60.01.05.00	8C	AISI 304		NA
7	Manguera grado alimenticio	1		9C	Caucho NBR	Ø1" x 1000mm	NA
6	Boquilla dosificadora	1	10.60.01.04.00	7C	AISI 304		NA
5	Plataforma	1	10.60.01.03.00	7D	ASTM A366		Pintado
4	Tablero	1		9E		400x300x200	NA
3	Molino	1	10.68.01.02.00	9C	AISI 304		NA
2	Motorreductor 1 HP	1	IEC 60034-1	9D			NA
1	Dosificador	1	10.60.01.01.00	9C	AISI 304		NA
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones