

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA SEPARAR LOS GRANOS DE GARBANZO DE
LA VAINA DE LA ESPECIE KABULI**

JESUS DAVID CUPASACHOA RICAURTE

BRIAN RICARDO OSUNA ROMERO

**Proyecto integral de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Orientador

MIGUEL ALFONSO MORALES GRANADOS

Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del presidente jurado

Nombre
Firma del jurado

Nombre
Firma del jurado

Bogotá D.C. febrero de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr Mario Posada Garcia Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada Garcia Peña

Vicerrector Académico y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Garzón

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Departamento de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este proyecto a Dios por permitirme culminar esta carrera, a mi padre Mauricio Cupasachoa por ese apoyo incondicional en todas las decisiones que tome y acompañarme siempre que pudo y brindarme su sabiduría, a mi madre Madeleine Ricaurte, que gracias a su amor y a su apoyo me dio la fuerza de seguir adelante y por último a mi hermano Jose Augusto Cupasachoa, quien fue participe en mi decisión de estudiar esta carrera y apoyarme. Además a todos mis compañeros y amigos que estuvieron junto a mí en este proceso.

(Jesus David Cupasachoa Ricaurte)

Quiero dedicarle este proyecto de grado a mi familia, porque gracias a ella puedo permitirme estudiar una carrera interesante como lo es la ingeniería mecánica, en especial quiero dedicarle este trabajo a mi mamá, mi papá y mi hermano que estuvieron siempre pendientes de mí en el proceso de la carrera. También quiero dedicarle este proyecto a mi abuelo Miguel Alfonso, que aunque no esté físicamente siempre me acompañó en este proceso por ultimo dedicarle este proyecto a una importante para mí, Daniela Carranza, por apoyarme moralmente y motivarme a alcanzar este objetivo.

(Brian Ricardo Osuna Romero)

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo le agradezco a Dios, por darme la salud y la fortaleza de terminar este periodo de mi vida, también se lo agradezco a mis padres y a mi hermano, que sin el apoyo de ellos, no hubiera logrado esta meta, por ultimo le agradezco al docente y amigo Miguel Morales que se hizo partícipe de este proyecto y dio su tiempo y dedicación por este, además al docente y amigo Carlos Mendoza por el apoyo por dar su consejo para el proyecto y por último al profesor Carlos Infante, por darnos su tiempo para resolver las dudas importantes.

(Jesus David Cupasachoa Ricaurte)

Quiero agradecer a Dios, a mis profesores, en especial al profesor Carlos Mauricio Mendoza por aconsejarnos en este proyecto y guiarnos adecuadamente en este proceso, también al profesor Miguel Morales por brindarnos sus ideas para desarrollar el trabajo de grado y por último, al profesor Carlos Infante por brindarnos el asesoramiento con respecto al diseño de la máquina. Por otro lado quiero agradecer inmensamente a mi familia por apoyarme siempre, tanto moral como económicamente y por último quiero agradecer a mis amigos que me acompañaron en este proceso con un apoyo incondicional.

(Brian Ricardo Osuna Romero)

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos únicamente corresponden a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
Resumen	1
Introducción	2
1. CARACTERIZAR EL GRANO DE GARBANZO Y SU VAINA PARA DETERMINAR LA FORMA ADECUADA DE SEPARACIÓN Y LOS PARÁMETROS Y VARIABLES QUE SE REQUIEREN PARA ELLO	4
1.1 Determinar el perfil de producción del grano de garbanzo en el departamento de Cauca por medio de fuentes de investigación y artículos en línea	4
1.1.1 <i>Procedimiento de cosecha del garbanzo</i>	4
1.1.2 <i>La época de cosecha del garbanzo</i>	6
1.1.3 <i>Área de cosecha en Colombia</i>	7
1.1.4 <i>Características botánicas</i>	8
1.1.5 <i>Morfología y biología de la planta</i>	9
1.1.6 <i>Parámetros de humedad</i>	10
1.2 Documentar el proceso de separación de los granos de garbanzo de la vaina.	14
1.2.1 <i>Métodos de separación actuales</i>	14
1.2.2 <i>Métodos de separación a implementar</i>	16
1.2.3 <i>Máquinas desgranadoras existentes</i>	18
1.3 Matriz de evaluación de alternativas	30
2. DISEÑO CONCEPTUAL Y FUNCIONAL DE LA MÁQUINA	33
2.1 Parámetros del proceso	33
2.1.1 <i>Flujo del proceso</i>	33

2.2 <i>Paso a paso del proceso</i>	33
2.3 Diagrama de caja negra	37
2.4 Sistemas generales de la máquina	38
2.4.1 <i>Sistema de alimentación</i>	38
2.4.2 <i>Sistema de separación</i>	38
2.4.3 <i>Sistema de selección</i>	38
2.4.4 <i>Sistema eléctrico</i>	38
2.4.5 <i>Sistema de control</i>	38
2.4.6 <i>Sistema estructural</i>	39
2.4.7 <i>Sistema de almacenamiento</i>	39
2.4.8 <i>Sistema de transmisión</i>	40
2.5 Diagrama funcional de la máquina	40
2.6 Requisitos para el diseño de la máquina	41
2.6.1 <i>Tabla de requisitos del usuario</i>	42
2.6.2 <i>Tabla de requisitos de diseño</i>	46
2.7 Matriz de evaluación de importancia de la máquina	51
2.7.1 <i>Matriz de evaluación del sistema de alimentación</i>	51
2.7.2 <i>Matriz de evaluación del sistema de separación</i>	52
2.7.3 <i>Matriz de evaluación del sistema de selección</i>	53
2.7.4 <i>Matriz de evaluación del sistema de eléctrico</i>	54
2.7.5 <i>Matriz de evaluación del sistema de control</i>	55
2.7.6 <i>Matriz de evaluación del sistema estructural</i>	56

2.7.7	<i>Matriz de evaluación del sistema de almacenamiento</i>	57
2.7.8	<i>Matriz de evaluación del sistema de transmisión</i>	58
2.8	Funcionamiento de sistemas de la máquina	59
3.	DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA	60
3.1	Sistema de alimentación	60
3.1.1	<i>Cálculos del sistema de alimentación</i>	60
3.1.2	<i>Angulo de inclinación de la tolva</i>	62
3.1.3	<i>Dimensiones de la tolva</i>	62
3.1.4	<i>Calculo del volumen real de la tolva</i>	64
3.1.5	<i>Calculo del área de contacto del garbanzo-tolva</i>	65
3.1.6	<i>Calculo de la fuerza ejercida sobre la tolva</i>	67
3.1.7	<i>Análisis de carga de la tolva en el software Solid Edge</i>	67
3.1.8	<i>Válvula mariposa</i>	70
3.2	Sistema de separación	72
3.2.1	<i>Calculo del diámetro del rodillo</i>	73
3.2.2	<i>Engranajes para los ejes de los rodillos</i>	84
3.2.3	<i>Ejes de los rodillos</i>	88
3.3	Sistema de selección	102
3.3.1	<i>Ángulo de inclinación del tamiz</i>	102
3.3.2	<i>Calculo de superficies necesarias del tamiz</i>	102
3.3.3	<i>Análisis de cargas de tamiz en el software Solid Edge</i>	108
3.3.4	<i>Mecanismo de vibración para el tamiz</i>	111
3.3.5	<i>Resorte del tamiz</i>	119

3.4 Sistema de transmisión	121
3.4.1 <i>Selección del motor</i>	121
3.4.2 <i>Diseño de poleas</i>	123
3.4.3 <i>Diseño del rodamiento</i>	152
3.5 Sistema de control y eléctrico	156
3.6 Sistema de almacenamiento	162
3.7 Sistema estructural	163
3.7.1 <i>Relación de esbeltez y la resistencia de diseño</i>	168
3.7.2 <i>Selección de tornillos</i>	172
3.7.3 <i>Análisis de la estructura en el software Solid Edge</i>	175
3.7.4 <i>Anclaje atornillable</i>	178
3.8 Máquina para separar los granos de garbanzo de la vaina de la especie Kabuli	180
3.8.1 <i>Paredes y guarda poleas</i>	181
4. MANUALES DE LA MÁQUINA	183
4.1 Manual de instalación	183
4.1.1 <i>Sugerencias</i>	183
4.1.2 <i>Instalación del sistema estructural</i>	184
4.1.3 <i>Instalación del sistema de separación</i>	198
4.1.4 <i>Instalación del sistema de transmisión</i>	202
4.1.5 <i>Instalación del sistema de selección</i>	211
4.1.6 <i>Instalación del sistema de alimentación</i>	223
4.1.7 <i>Instalación del sistema de almacenamiento</i>	224

4.2 Manual de operación y seguridad	226
4.2.1 <i>Preparación de la máquina</i>	228
4.2.2 <i>Operación de la máquina</i>	228
4.2.3 <i>Manual de seguridad</i>	230
4.3 Manual de mantenimiento	233
5. ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS Y DE IMPACTO AMBIENTAL QUE PUEDA INCIDIR EN EL PROYECTO	237
5.1 Análisis de impacto ambiental	237
5.2 Análisis de costos de la máquina	240
6. CONCLUSIONES	245
BIBLIOGRAFIA	246

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Cosecha de garbanzos	6
Figura 2. Área de cosecha en Cauca y Cundinamarca	7
Figura 3. Rendimiento de la cosecha en Cauca y Cundinamarca	8
Figura 4. Vaina y grano de garbanzo	9
Figura 5. Planta de garbanzo	10
Figura 6. Regresión lineal de los tratamientos	12
Figura 7. Trillado a mano	14
Figura 8. Máquina trilladora manual	15
Figura 9. Cámara con ventiladores que distribuyen altas cantidades de aire	16
Figura 10. Formas de chorro de agua	17
Figura 11. Cilindros neumáticos	18
Figura 12. Trilladora PLOT 2375	19
Figura 13. Peladora de maíz MT-860	20
Figura 14. Desgranadora 5T-50	21
Figura 15. Desgranadora Modelo 675	23
Figura 16. Máquina desgranadora modelo HC-L1	25
Figura 17. Desgranadora MTPS 18B	27
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso	33
Figura 19. Tipos de tolvas first in-first out	34
Figura 20. Tipos de tolvas first in-last out	34
Figura 21. Tamiz	36

Figura 22. Diagrama de caja negra	37
Figura 23. Botón de paro de emergencia	39
Figura 24. Diagrama funcional de la máquina	40
Figura 25. Esquema de la máquina	60
Figura 26. Dimensiones de la tolva de alimentación	63
Figura 27. Tolva-solido	63
Figura 28. Volumen de un tronco pirámide	64
Figura 29. Verificación del volumen en el software Solid Edge	65
Figura 30. Dimensiones de la pared para el área de contacto con la tolva	66
Figura 31. Tolva con cargas distribuidas	68
Figura 32. Desplazamiento de cargas en la tolva	69
Figura 33. Esfuerzo de Von Misses en la tolva	69
Figura 34. Factor de seguridad en la tolva de alimentación	70
Figura 35. Válvula de mariposa	71
Figura 36. Ensamble del sistema de alimentación	72
Figura 37. Rodillos de Neopreno	73
Figura 38. Momento flector del rodillo en Z	76
Figura 39. Momento flector del rodillo en Y	78
Figura 40. Rodillo	81
Figura 41. Distancia entre centros de los rodillos	83
Figura 42. Plano del rodillo	84
Figura 43. Grafica de la tangente de los engranajes	84
Figura 44. Engranajes para los rodillos	87

Figura 45. Plano del engranaje	87
Figura 46. Diagrama de cuerpo libre del eje en Y	88
Figura 47. Diagrama de cuerpo libre en el Y con reacciones en los apoyos	88
Figura 48. Sección 1Y	89
Figura 49. Sección 2Y	90
Figura 50. Sección 3Y	91
Figura 51. Sección 4Y	92
Figura 52. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del rodillo en el plano Y	93
Figura 53. Diagrama de cuerpo libre del eje en Z	93
Figura 54. Diagrama de cuerpo libre en el eje Z	94
Figura 55. Sección 1Z	95
Figura 56. Sección 2Z	96
Figura 57. Sección 3Z	97
Figura 58. Sección 4Z	98
Figura 59. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del rodillo en el plano Z	99
Figura 60 Eje de rotación del rodillo	101
Figura 61. Solido del sistema del separación	101
Figura 62. Vista frontal del sistema de separación	101
Figura 63. Triangulo rectángulo para el cálculo del tamiz	103
Figura 64. Configuración de la perforación del tamiz	104
Figura 65. Grafica del factor de concentración de esfuerzos	107

Figura 66. Placa del tamiz	108
Figura 67. Cargas distribuidas en el tamiz	109
Figura 68. Desplazamiento de cargas en el tamiz	109
Figura 69. Esfuerzo de Von Misses del tamiz	110
Figura 70. Factor de seguridad para el tamiz	110
Figura 71. Marco del tamiz	111
Figura 72. Mecanismo para la vibración del tamiz	112
Figura 73. Tornillo de contrapeso	112
Figura 74. Criterios del factor de tamaño	116
Figura 75. Criterios para el factor de carga	116
Figura 76. Criterios para la muestra de resistencia a la fatiga	118
Figura 77. Resorte del tamiz	119
Figura 78. Placa deslizante	120
Figura 79. Sistema de selección	120
Figura 80. Esquema del motor	123
Figura 81 Diagrama de poleas de transmisión	123
Figura 82 Nomenclatura para poleas con Bujes QD	137
Figura 83. Modelo de diseño de la polea	138
Figura 84. Variables para el perfil del canal de la polea	139
Figura 85. Diseño del bosquejo del buje	140
Figura 86. Solido del buje QD para la polea del rodillo	141
Figura 87. Polea del eje del rodillo	141
Figura 88. Nomenclatura para poleas de doble canal	142

Figura 89. Modelo de diseño para la polea PQ 2B 155	143
Figura 90. Buje para el eje del motor	144
Figura 91. Polea para el eje del motor	145
Figura 92. Eje de la etapa 1	145
Figura 93. Modelo de diseño para la polea 1 de la etapa 1	146
Figura 94. Buje para la polea 1 de la etapa 1	147
Figura 95. Polea 1 de la etapa 1	147
Figura 96. Modelo para el diseño de la polea 2 de la etapa 1	149
Figura 97. Buje para la polea 2 de la etapa 1	150
Figura 98 Polea 2 para la etapa 1	150
Figura 99. Eje de vibración	151
Figura 100. Polea del eje de vibración	152
Figura 101. Factores por velocidad y duración de rodamientos	153
Figura 102. Rodamiento para el sistema de transmisión	155
Figura 103. Arrancador	157
Figura 104. Esquema de control para el arranque del motor	158
Figura 105. Esquema eléctrico de potencia	159
Figura 106. Simulación del motor apagado	160
Figura 107. Encendido del motor	161
Figura 108. Simulación de falla en el motor	162
Figura 109 Contenedor	163
Figura 110. Estructura de la máquina	164
Figura 111. Análisis estructural del soporte de la tolva	165

Figura 112. Análisis estructural del soporte de los rodillos	167
Figura 113. Factor de longitud efectiva	170
Figura 114. Columna de la estructura	172
Figura 115. Desplazamiento de la estructura de la máquina	176
Figura 116. Esfuerzo de Von Misses de la estructura de la máquina	177
Figura 117. Factor de seguridad de la estructura de la máquina	178
Figura 118. Máquina para separar los granos de garbanzo de la especie Kabuli	181
Figura 119. Máquina separadora de granos de garbanzo	182
Figura 120. Dimensionamiento de la máquina	183
Figura 121. Platina con alineación horizontal, cuadricular y en L	184
Figura 122. Vigas para el ensamble estructural	185
Figura 123. Columna de la estructura	185
Figura 124. Instalación de platinas con alineación cuadricular	186
Figura 125. Instalación de platinas en el perfil	186
Figura 126. Instalación de platinas con alineación horizontal	187
Figura 127. Instalación de platinas con alineación horizontal en la viga	187
Figura 128. Orificios más cercanos al borde de la columna	188
Figura 129. Orificios más alejados al borde de la columna	189
Figura 130. Sujeción de la parte inferior de la máquina	190
Figura 131. Sujeción de la parte inferior de la máquina en el interior	190
Figura 132. Sección inferior de la estructura	191
Figura 133. Ensamble estructural para la etapa 1	191

Figura 134. Ensamble estructural para la etapa 2	192
Figura 135. Ensamble estructural para la base de la tolva y la placa limitante	193
Figura 136. Vista superior e isométrico de la placa limitante	193
Figura 137. Soporte de la tolva	194
Figura 138. Ensamble del soporte de la tolva	195
Figura 139. Ensamble del soporte para la tolva con las vigas	195
Figura 140. Soporte de la placa del motor	196
Figura 141. Ensamble de la placa del motor con la viga	197
Figura 142. Estructura de la máquina	197
Figura 143. Ejes de 1000 mm y 900 mm	198
Figura 144. Rodillo de Neopreno	198
Figura 145. Ejes incrustados en los rodillos	199
Figura 146. Engranaje instalado en el eje junto al rodillo	200
Figura 147. Chumacera y rodamiento	200
Figura 148. Chumaceras instaladas en las vigas en L	201
Figura 149. Sistema de separación instalado en la estructura	201
Figura 150. Dimensiones de la polea de la etapa 1	202
Figura 151. Dimensiones del buje para la polea de la etapa 1	203
Figura 152. Ensamble detallado de la polea, el buje y los tornillos	203
Figura 153. Vista superior y frontal del ensamble de la polea con el eje del rodillo	204
Figura 154. Dimensiones de las poleas de la etapa 1	205
Figura 155. Ensamble detallado de las poleas, bujes y tornillos	206

Figura 156. Dimensiones del eje de la etapa 1	206
Figura 157. Ensamble del eje de la etapa 1 con las chumaceras	207
Figura 158. Ensamblados de las poleas de la etapa 1 en el eje	208
Figura 159. Ensamble de la polea con contrapeso	208
Figura 160. Ensamble detallado de la polea y el eje de vibración	209
Figura 161. Instalación de la polea del motor con el buje y tornillos	210
Figura 162. Instalación de la polea del motor al eje del motor	210
Figura 163. Columna, bases del sistema de selección	211
Figura 164. Viga del sistema de selección	212
Figura 165. Unión de las columnas y la viga	212
Figura 166. Viga larga de la estructura inferior	213
Figura 167. Resorte para vibración	213
Figura 168. Placa de salida para la vaina	214
Figura 169. Ensamble de la base del sistema	214
Figura 170. Placa deslizante	215
Figura 171. Viga para sostener la placa	215
Figura 172. Ensamble de la placa y las vigas	216
Figura 173. Ensamble de la placa a las columnas	216
Figura 174. Viga para inclinación del sistema	217
Figura 175. Ensamble de la viga al resorte	217
Figura 176. Lamina del tamiz	218
Figura 177. Viga lateral para evitar la caída del grano	218
Figura 178. Viga para la parte superior y salida del tamiz	219

Figura 179. Ensamble de la salida del tamiz	219
Figura 180. Ensamble del tamiz con las vigas y la base	220
Figura 181. Unión de la viga con la lámina	220
Figura 182. Ensamble del tamiz a los resortes	221
Figura 183. Ensamble del sistema de selección	221
Figura 184. Posición del sistema de selección y la estructura	222
Figura 185. Ensamble del sistema de selección en la máquina	222
Figura 186. Ensamble de los componentes de la válvula	223
Figura 187. Instalación del sistema de alimentación	224
Figura 188. Instalación del sistema de alimentación en la estructura de la máquina	224
Figura 189. Instalación del sistema de almacenamiento	225
Figura 190. Instalación de las paredes de la máquina	226
Figura 191. Diagrama de operación de la máquina	227
Figura 192. Representación de los leds apagados	228
Figura 193. Indicador luminoso del motor apagado	229
Figura 194. Indicador luminoso del motor activo	229
Figura 195. Indicador luminoso de falla del motor	229

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Medición con distintos métodos	11
Tabla 2. Criterios del producto	13
Tabla 3. Ficha técnica de la máquina MT 860	21
Tabla 4. Ficha técnica de la desgranadora 5T-50	22
Tabla 5. Ficha técnica de la desgranadora modelo 675	24
Tabla 6. Ficha técnica de la desgranadora modelo HC-L1	26
Tabla 7. Ficha técnica de la desgranadora MTPS 18B	28
Tabla 8. Ventajas y desventajas de las máquinas desgranadoras	29
Tabla 9. Matriz de evaluación	30
Tabla 10. Nivel de consideración	42
Tabla 11. Requisitos de la máquina (alimentación)	42
Tabla 12. Requisitos de la máquina (separación)	43
Tabla 13. Requisitos de la máquina (selección)	43
Tabla 14. Requisitos de la máquina (eléctrico)	44
Tabla 15. Requisitos de la máquina (control)	44
Tabla 16. Requisitos de la máquina (estructural)	45
Tabla 17. Requisitos de la máquina (almacenamiento)	45
Tabla 18. Requisitos de la máquina (transmisión)	46
Tabla 19. Requisitos de diseño (alimentación)	46
Tabla 20. Requisitos de diseño (separación)	47
Tabla 21. Requisitos de diseño (selección)	47

Tabla 22. Requisitos de diseño (eléctrico)	48
Tabla 23. Requisitos de diseño (control)	48
Tabla 24. Requisitos de diseño (estructural)	49
Tabla 25. Requisitos de diseño (almacenamiento)	49
Tabla 26. Requisitos de diseño (transmisión)	50
Tabla 27. Matriz QFD del sistema de alimentación	51
Tabla 28. Matriz QFD del sistema de separación	52
Tabla 29. Matriz QFD del sistema de selección	53
Tabla 30. Matriz QFD del sistema eléctrico	54
Tabla 31. Matriz QFD del sistema de control	55
Tabla 32. Matriz QFD del sistema estructural	56
Tabla 33. Matriz QFD del sistema de almacenamiento	57
Tabla 34. Matriz QFD del sistema de transmisión	58
Tabla 35. Tabla de funcionamiento del sistema	59
Tabla 36. Datos de enmallado realizados en la tolva para la simulación	68
Tabla 37. Distancia entre centros de las perforaciones	105
Tabla 38. Esfuerzo ultimo del acero inoxidable AISI 304	106
Tabla 39. Datos de enmallado para la simulación del tamiz	108
Tabla 40. Resistencia ultima de aceros	114
Tabla 41. Acabado superficial	115
Tabla 42. Factor de temperatura	117
Tabla 43. Factor de confiabilidad	117
Tabla 44. Selección del motor	122

Tabla 45. Dimensiones del motor	122
Tabla 46. Designación de bandas	124
Tabla 47. Aumento de longitud para bandas en V	129
Tabla 48. Factores de relación de velocidad	131
Tabla 49. Constantes para ecuación de potencia nominal	132
Tabla 50. Factores de corrección de longitud	133
Tabla 51. Dimensiones para poleas tipo B	137
Tabla 52. Dimensiones y tolerancias para el perfil de la correa	139
Tabla 53. Buje QD para la polea del eje del rodillo	140
Tabla 54. Dimensiones para poleas tipo B de doble canal	142
Tabla 55. Dimensiones y tolerancias para poleas	144
Tabla 56. Dimensiones para la polea 1 de la etapa 1	146
Tabla 57. Dimensiones para la polea 2 de la etapa 1	148
Tabla 58. Dimensiones para la polea del eje de vibración	151
Tabla 59. Duración recomendada para rodamientos	154
Tabla 60. Rodamientos comerciales	155
Tabla 61. Especificaciones geométricas del rodamiento	155
Tabla 62. Especificación técnica del arrancador	156
Tabla 63. Especificaciones generales para perfiles de vigas	166
Tabla 64. Catálogo de tubos estructural perfil cuadrado	169
Tabla 65. Catálogo de tornillos	173
Tabla 66. Valores de límite elástico y resistencia a la tracción	174
Tabla 67. Resultados del desplazamiento de la estructura	176

Tabla 68. Resultados del esfuerzo de Von Misses	177
Tabla 69. Resultados del factor de seguridad de la estructura	178
Tabla 70. Tornillos de anclaje	179
Tabla 71. Equipos de protección	230
Tabla 72. Factores de riesgo de la máquina	231
Tabla 73. Inspección de los componentes de la máquina	233-234
Tabla 74. Acciones a realizar sobre las fallas ocurridas	235-236
Tabla 75. Matriz de Leopold para el análisis de impacto ambiental	238
Tabla 76. Impactos negativos	239
Tabla 77. Impactos positivos	239
Tabla 78 Referencia sobre la magnitud y la importancia	240
Tabla 79 Costos de ingeniería	241
Tabla 80. Materiales empleados	241-243
Tabla 81. Costos de fabricación	243
Tabla 82. Costo general	244

RESUMEN

En este proyecto se busca diseñar una máquina separadora de granos de garbanzo de la especie Kabuli con el fin de disminuir el tiempo de separación y obtener una separación adecuada para el producto, ya que muchos agricultores realizan la separación de manera manual y esto le puede ocasionar problemas físicos, además que no se llega a cumplir con la demanda.

Primero se caracterizó el producto a trabajar, investigando sobre sus propiedades físicas, morfología, humedad, como se cultivan y en qué países se produce con mayor frecuencia. También se consultó sobre el estado de producción del garbanzo en Colombia para conocer en que departamentos se lleva a cabo esta producción.

Se realizó un análisis sobre que componentes son más aptos para la máquina y puedan desempeñarse adecuadamente juntos, tomando en cuenta máquinas ya existentes que realizan la separación de leguminosas análogas al garbanzo.

Se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener los componentes aptos que cumplan con su respectiva tarea, teniendo en cuenta catálogos, formulas y referencias, para así tener unos resultados más adecuados para el funcionamiento de la máquina.

Se elaboraron los respectivos manuales de instalación, operación-seguridad y mantenimiento, teniendo en cuenta los componentes calculados y su modo de operación.

Por último se realizó un análisis de costos y de impacto ambiental, analizando los factores ambientales que inciden en el proyecto y costos de materiales empleados, costos de ingeniería y costos de fabricación.

Palabras clave: Garbanzo, vaina, máquina, separación, desgranado, sistemas, selección, alimentación, almacenamiento, transmisión, estructural.

INTRODUCCIÓN

Se observa que en Colombia desde los años 2018 y 2019 se ha estado cultivando garbanzo en dos departamentos, el Cauca y Cundinamarca, donde el Cauca es el mayor productor de garbanzo, produciendo 75 hectáreas de cosecha y Cundinamarca con tan solo 3 hectáreas, el rendimiento que se logra en cada departamento es de 6 T/ ha (toneladas por hectáreas) en el departamento de Cundinamarca y de 0,9 T/ ha en el Cauca, ya que se produce 18 toneladas y 59,9 toneladas respectivamente.

Los trabajadores tienden a dañar el producto debido a la mala manipulación de este, ya que ejercen largas horas de trabajo en este proceso, dañan el producto ocasionándole agrietamientos, ensuciándolos o triturándolos, además de que a los trabajadores se les presentan enfermedades físicas debido a una mala posición durante largos periodos y por otro lado se presentan retrasos en la separación del garbanzo, ya que el modo de operación es artesanal.

Al diseñar esta máquina se piensa en reducir los tiempos de separación, además de que los trabajadores no manipularan en su totalidad el producto, evitando la contaminación y daños de este, así evitando pérdidas y garantizando una buena calidad, para que se pueda vender al consumidor.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una máquina para separar los granos de garbanzo de la vaina de la especie Kabuli, para lograrlo se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar el grano de garbanzo y su vaina para determinar la forma adecuada de separación, parámetros y variables que se requieren para ello.
- Plantear el diseño conceptual y funcional de la máquina evaluando alternativas de solución.
- Realizar el diseño detallado de la máquina.
- Elaborar los manuales de instalación, operación-seguridad y mantenimiento.

- Elaborar el análisis de costos y de impacto ambiental que pueda incidir en el proyecto.

El alcance de este proyecto será el caracterizar el grano de garbanzo, evaluar alternativas de solución, diseñar un sistema de separación, selección, alimentación, transmisión, almacenamiento, eléctrico y control, dejando en claro los manuales de instalación, operación-seguridad, mantenimiento, análisis de costos y de impacto ambiental del proyecto.

1. CARACTERIZAR EL GRANO DE GARBANZO Y SU VAINA PARA DETERMINAR LA FORMA ADECUADA DE SEPARACIÓN Y LOS PARÁMETROS Y VARIABLES QUE SE REQUIEREN PARA ELLO

1.1 Determinar el perfil de producción del grano de garbanzo en el departamento de Cauca por medio de fuentes de investigación y artículos en línea

1.1.1 Procedimiento de cosecha del garbanzo

«El garbanzo se adapta bien en regiones trigueras bajas, con alturas entre 2000 y 2300 metros sobre el nivel del mar, siendo una de las especies que mejor se comporta en ambientes secos, con requerimientos de agua de 300-400 milímetros bien repartidos, principalmente en las épocas de germinación y emergencia (sequia), floración e inicio de llenado de vainas.» [1]

«Esta leguminosa se produce bien en suelos de mediana fertilidad, que sean sueltos y profundos, debido a que posee un sistema radical extenso. En suelos superficiales, pesados y con un subsuelo escasamente permeable, el conjunto de las raíces de la planta es reducido y por lo tanto se restringe el crecimiento aéreo y las producciones son bajas. El garbanzo puede producirse asfixia por medio de las raíces debido a grandes cantidades de agua, conduciendo a un amarillamiento de las plantas y con esto no producir el grano en la vaina» [1]

En general, el garbanzo no requiere mayor trabajo, pero si necesita que el terreno este en buenas condiciones para obtener una buena producción [2]

El éxito de una siembra está determinado por la obtención de una buena población de plantas [2]. Para lograr este propósito se deben tener presentes los siguientes aspectos:

1.1.1.a. Desinfección de la semilla: la semilla del garbanzo puede ser afectada por organismos patógenos inmediatamente después de la siembra, durante la germinación. [2]

1.1.1.b. Distancia y profundidad de siembra: uno de los factores decisivos lo constituye el control de malezas, por ello es de suma importancia un sistema de

siembra que permita realizar este control de forma fácil y eficiente. De esta manera se recomienda sembrar en hileras separadas a 0.40 cm entre ellas. [2]

La profundidad para la siembra, la semilla estará ubicada entre 5 y 10 cm dependiendo de la época de siembra. La semilla debe estar a una profundidad menor cuando sean siembras tempranas (plantas más altas y pesadas), esto hace que se demore en la germinación y las semillas queden expuestas a hongos patógenos durante un tiempo más prolongado. En siembras óptimas la semilla debe quedar a 10 cm de profundidad y más si el suelo tiene poca humedad. [2]

1.1.1.c. Dosis de semilla: independientemente de cómo sea la implementación de la semilla en la siembra (maquina sembradora o arado) se debe procurar un volumen grande de plantas por hectárea. Esto sucede usando una dosis de 160kg de semilla por hectárea. [2]

1.1.1.d. Fertilización: pese a ser un cultivo poco exigente en fertilizante, se recomienda realizar esta práctica en base a la indicación emanada de un análisis de suelo. [2]

1.1.1.e. Herbicidas: “el control malas hierbas puede ser manual, mecánico o químico; lo que debe realizarse durante los primeros 45 días, esto afecta el rendimiento, por la incidencia de la producción de materia seca el cual afecta en un 64%, disminuye la producción de granos desde un 10 hasta un 85%” [3], los herbicidas más usados son:

- Fomesafen 22.5%: “aplicado tanto en pos emergencia como en preemergencia, actúa contra gramíneas anuales a una dosis de 1-1.5 l/ha. Presentado como producto concentrado emulsionable”. [4]
- Prometrina 20%: se aplica en preemergencia del cultivo como suspensión concentrada, contra gramínea anual y dicotiledóneas a dosis de 1.25-1.75 l/ha. [4]
- Quizalofop etil 10%: “se trata de un herbicida sistémico, presentado como concentrado emulsionable, empleado contra gramíneas anuales a una dosis de 1.25-1.75 l/ha”. [4]

- Terbutilazina 15%+ Terbutrina 35%: se emplea contra gramínea anual y dicotiledóneas anuales en suspensión concentrada con dosis de 2-4 l/ha. [4]

1.1.2 La época de cosecha del garbanzo

“Este viene siendo un factor clave ya que se cultiva exclusivamente en el primer semestre agrícola del año, con siembras entre febrero y marzo, de tal manera que la floración e inicio de llenado de grano, coincidan con las últimas lluvias de la temporada”. [1]

“Las condiciones propicias para la cosecha del garbanzo son: cuando se levanta el rocío, normalmente se da en horas de la mañana y perdura generalmente hasta las 19 horas; baja humedad ambiental y ausencia de precipitaciones”. [5]

Los garbanzos pueden cosecharse cuando están verdes [6]. El mejor momento es cuando las vainas aún están frescas como se ilustra en la figura 1

Figura 1.

Cosecha de Garbanzos



Nota. Cómo cultivar garbanzo orgánico en tu casa, tomado de: V. Reynoso, Vía orgánica, 7 de Agosto de 2019. Disponible en: <https://viaorganica.org/como-cultivar-garbanzo-organico-en-tu-casa/#:~:text=Cada%20vaina%20puede%20tener%20una,100%20d%C3%ADas%20para%20la%20cosecha.>

“Si se va a sembrar garbanzo se debe contar con suelos silíceos-arcillosos o limo-arcillosos que no contengan yeso, ya que si llega a contener este elemento los

granos saldrán de mala calidad. Por otra parte, se prefiere que los suelos sean aireados, poco salinos y profundos, ya que las raíces tienen un gran desarrollo”. [7]

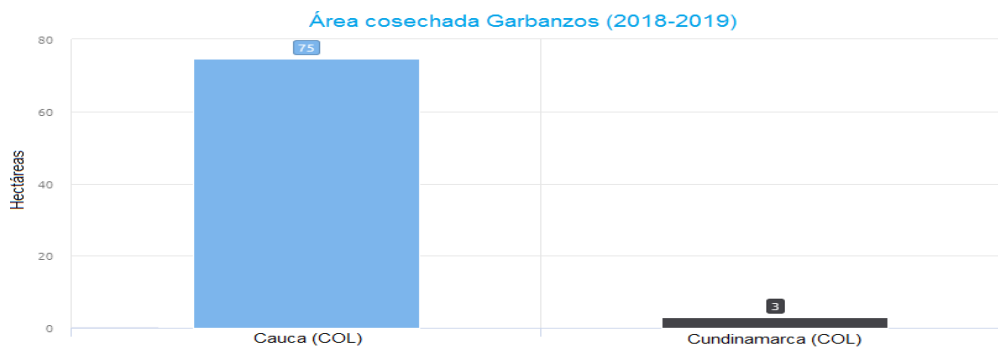
«Para sembrar el garbanzo se prepara el terreno labrando la parte superior del suelo, aproximadamente los primeros cinco centímetros. Luego se agregan cinco centímetros de arenas y un fertilizante. Se debe rastrillar la zona y luego depositar la semilla de garbanzo sobre la superficie para luego cubrirla con dos centímetros de arena. Luego se riega con agua y suspende el riego hasta dos semanas más tarde si es que no ha llovido durante ese tiempo». [7]

1.1.3 Área de cosechada en Colombia

Se puede observar que, en Colombia, según el ministerio de agricultura y desarrollo rural por medio del SNIA, para los años 2018 y 2019, se cosecha Garbanzo en dos departamentos, Cauca y Cundinamarca, en donde el Cauca tiene la mayor área de cosecha con 75 hectáreas, mientras que Cundinamarca tiene 3 esto significaría que el departamento con más área de cosecha de garbanzo en Colombia, es el Cauca, ya que supera a Cundinamarca en un 96% en área de cosecha (Figura 2). [8]

Figura 2.

Área de cosecha en Cauca y Cundinamarca



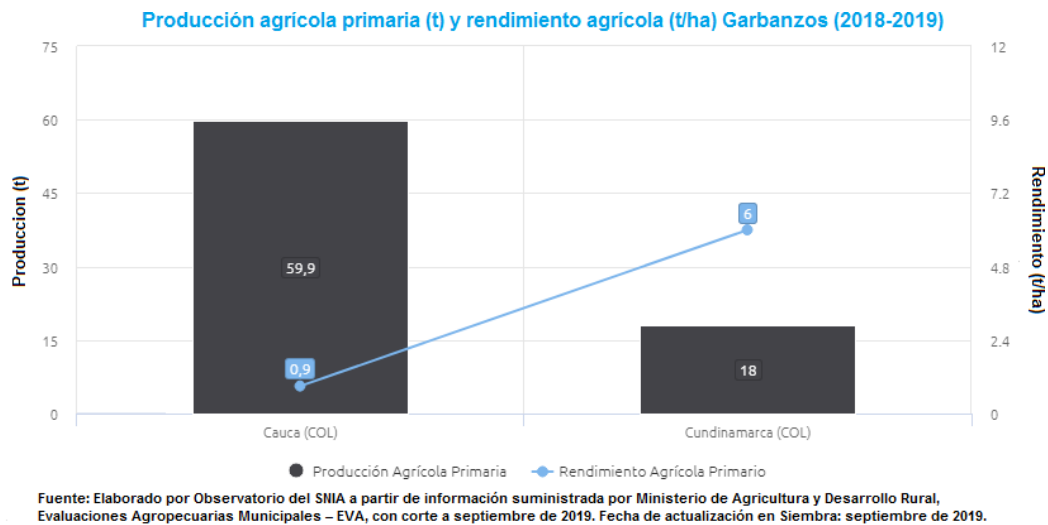
Fuente: Elaborado por Observatorio del SNIA, a partir de información suministrada por Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA, con corte a septiembre de 2019. Fecha de actualización en Siembra: septiembre de 2019

Nota. Observatorio del SNIA, Área Cosechada de Garbanzos, Tomado de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017. Disponible en: <http://www.siembr.gov.co/Regional/ContextoAgro/Reporte>

En el departamento del Cauca hay un rendimiento bajo, ya que su producción es casi a las 60 toneladas, dando así que en rendimiento que se produce en este departamento sea aproximadamente de 0,9 T/ha (Toneladas por hectárea), mientras que en Cundinamarca se está produciendo 18 Toneladas de garbanzo teniendo un rendimiento de 6 T/ha (Figura 3). En conclusión en Colombia se produce una cantidad baja de garbanzo pero suficientemente para hacer el diseño de una máquina que separe la vaina de los granos del garbanzo.

Figura 3.

Rendimiento de la cosecha en Cauca y Cundinamarca



Nota. Observatorio del SNIA, Producción agrícola primaria y rendimiento agrícola de garbanzos, Tomado de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017. Disponible en: <http://www.siembra.gov.co/Regional/ContextoAgro/Reporte>

1.1.4 Características botánicas

«El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), pertenece a la familia leguminosa. Es una planta anual, tiene raíces profundas, tallos pelosos y ramificados, que alcanza una altura hasta 0.60 m. la planta tiene abundancia de glándulas excretoras; las hojas son parí o imparipinnadas; folíolos de borde dentado; flores axiales solitarias; frutos

en vaina bivalva con una o dos semillas en su interior (figura 4), ligeramente arrugadas con dos grandes cotiledones». [9]

«En cuanto a las características físicas del grano de garbanzo dependen de la variedad y condiciones ambientales durante su desarrollo. En un estudio realizado por Ravi (2005) reporto datos de diámetro perpendicular ($7.58 \pm 0.07\text{mm}$) y diámetro paralelo al cotiledón ($9.47 \pm 0.14\text{mm}$) para el grano tipo Kabuli. Se realizaron mediciones de las dimensiones de longitud (7.92-8.14mm), ancho (6.10-6.37 mm) y grosor (6.43-6.84 mm)». [9]

Figura 4.

Vaina y grano de garbanzo



Nota. Se observa el número de granos en la vaina, Tomado de: P.F. Ortega, G.A. Fierros, A.A. Fú, G. Martínez, I. Padilla.

Disponible en:

<http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/paq-tec/paq-garbanzo.pdf>.

1.1.5 Morfología y biología de la planta

«Las plantas de garbanzo pueden ser descritas como "tallos ramificados, erectos o esparcidos, a veces arbustos muy ramificados de 0.2 a 1 m de altura, pubescentes glandulares (hojas que presentan una superficie cubierta de pelillos) de color verde oliva, verde oscuro o un color azulado. El garbanzo es una planta anual diploide, con un número cromosómico $2n=16$. El sistema de reproducción es

fundamentalmente autógeno, situándose el nivel de alogamia en torno al 1%. La planta puede alcanzar una altura de 60 cm». [10]

«Las hojas son en forma de pluma con una terminación y una arista alargada (figura 5), glandulares y pubescentes con 3 a 8 pares de folíolos y una hoja superior (el raquis termina en una hoja); presentan hojas ovadas o elípticas, de 0.6 a 2.0 cm de largo, 0.3 a 1.4 cm de ancho, bordes tipo sierra, su ápice es acuminado a aristado, la base es cuneada y las estípulas son de 2 a 5 dientes o estípulas ausentes». [10]

Figura 5.

Planta de garbanzo



Nota. Hojas de Garbanzo, J. de la cruz Medina, O.A. del Angel Coronel, M.A. Vargas Ortiz, 2011. Tomado de Operaciones Postcosecha en Garbanzo.

1.1.6 Parámetros de humedad

«En Argentina se hizo un estudio de humedad teniendo en cuenta dos referencias, la estufa (mufla) y el humedímetro, donde se le realizó este estudio a 21 muestras (tabla 1), donde el humedímetro arrojaba valores inferiores a 10% de humedad y con la estufa algunos superaban este valor, en la estufa dan estos

valores ya que es un horno de ventilación forzada y este estudio se realizó durante un tiempo prolongado de 38 horas con una temperatura de 105 grados centígrados. Lo que hacia la estufa era secar lo granos de garbanzo y así determinar el porcentaje de humedad; cada muestra fue de 10 gramos aproximadamente, tomando dos mediciones por muestra.» [11]

Tabla 1.

Mediciones con distintos métodos

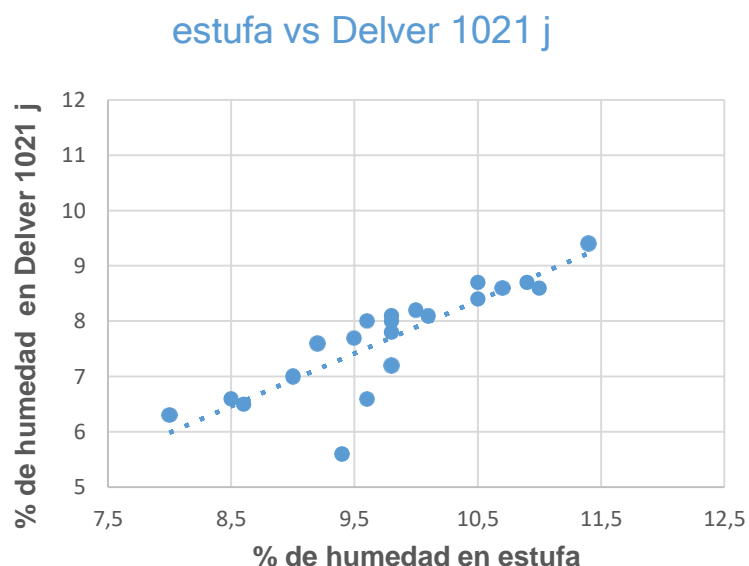
Muestra	Estufa	Delver 1021 J
1	10,9	8,7*
2	9	7*
3	11,4	9,4
4	10,5	8,7
5	10,7	8,6*
6	9,8	7,8*
7	9,5	7,7*
8	9,6	8*
9	9,8	8*
10	9,8	8,1*
11	9,2	7,6*
12	8	6,3*
13	9,4	5,6*
14	8,5	6,6*
15	9,6	6,6*
16	8,6	6,5*
17	9,8	7,2*
18	10,1	8,1*
19	10	8,2*
20	10,5	8,4*
21	11	8,6*
MEDIA	9,8	7,7*

Nota. Resultado de las mediciones con los distintos métodos de calibración, Tomado de E. Raspo, Comparación de determinación de humedad en garbanzo (*Cicer Arietinum L.*) por Método de estufa y a través de instrumentos de determinación electrónicos 2014

Con el humedímetro se ve que hay 2 puntos de diferencia de humedad, esto puede ser debido a que la estufa seca el grano y el humedímetro lo mantiene sin necesidad de secarlo, se tendrá en cuenta la humedad tomada en el humedímetro ya que es un aparato especializado para esto, con esto podemos identificar que la humedad del garbanzo es de 7-12 % (Figura 6).

Figura 6.

Regresión lineal de los tratamientos



Nota. Gráfico de regresión lineal para los distintos tratamientos, Tomado de: E. Raspo, Comparación de determinación de humedad en garbanzo (*Cicer Arietinum* L.) por Método de estufa y a través de instrumentos de determinación electrónicos.2014.

Tabla 2.

Criterios del producto

CARACTERÍSTICAS DEL GRANO PARA DISEÑAR LA MÁQUINA									
Tamaño de la vaina	Grosor	Ancho	Longitud	Humedad (%)	Diametro perpendicular al cotiledon	Diametro paralelo al cotiledon	Número de granos en cada vaina	Volumen de producción (Toneladas)	Rendimiento (Ton/ha)
2.37 cm	6.64mm	6.24 mm	8.03mm	11.5	7.58 ± 0.7 mm	9.47 ± 0.14mm	2-3	59.9	0.9

Nota. Características del grano para diseñar la máquina. Tomado de: J.V.R.V.G. Aguilar Raymundo, Enero 2013. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Vicky_Aguilar/publication/319185894_Propiedades_nutricionales_y_funcionales_del_garbanzo_Cicer_arietinum_L/links/5999e8dbaca272e41d3ec59c/Propiedades-nutricionales-y-funcionales-del-garbanzo-Cicer-arietinum-L.pdf

Teniendo en cuenta los criterios basados en la tabla 2 para definir los parámetros de la máquina a diseñar, se tuvieron en cuenta las variables del tamaño como lo son el grosor, el ancho y la longitud calculando el promedio, para determinar las medidas generales del garbanzo y a su vez calculando las medidas del tamaño de la vaina, debido a que los artículos anteriormente consultados no lo proporcionan, sin embargo se tomó en cuenta el número de granos que vienen en la vaina y el diámetro paralelo al cotiledón para calcular el tamaño de la vaina, teniendo en cuenta que se calculó un promedio de este dato. Con respecto a la humedad se escogió el dato más alto del estudio que se realizó para desarrollar la Tabla 1, hecha en la universidad nacional de Córdoba Argentina, la cual nos muestra un dato de 11,5 % de humedad como límite máximo para diseñar un método para la separación de los granos. Con respecto al volumen que se produce en Colombia nos da a entender que no se produce mucho cultivo de garbanzo debido a que las tierras en las que se cultiva no se reproduce de buena manera el cultivo por la intervención de la plagas.

1.2 Documentar el proceso de separación de los granos de garbanzo de la vaina

1.2.1 Métodos de separación actuales

“Los métodos de separación que se utilizan actualmente son: la trilla por medio de instrumentos adecuados y la trilla por medio de máquinas accionadas manualmente”. [12]

1.2.1.a. Trilla a mano: “se toma la planta directamente y se procede a sacudirla golpeándola contra algún objeto, esperando que los granos salgan de esa manera, después de esto se procede a meterla entre dos objetos (dos barras de madera) y halarla”. [12]

Figura 7.

Trillado a Mano



Nota. Uso de Mayal en Eslovenia, Tomado de Wikipedia la enciclopedia libre. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Trilla#/media/Archivo:C5%BDetev_in_mla%C4%8Dva_po_doma%C4%8De_-_%C5%BEetev_in_mla%C4%8Dva_nekdaj_15.jpg

1.2.1.b. Trilla con máquinas accionadas manualmente: «para elevar el rendimiento y las condiciones de trabajo en la trilla, tendrán a medida maquinas accionadas por un dispositivo mecánico manual o pedal. Al accionar la biela-manivela, este hace girar un tambor en el cual lleva fijados ganchos o dientes metálicos; hay que

mantener la velocidad de rotación del tambor a 300 rpm. Las ramas deben ser de la misma longitud y mantenidas en la mano, las vainas deben de estar dispuestas todas en el mismo sentido y deben de estar maduras; hay que alimentar la máquina de manera continua y regularla sin introducir cantidades excesivas. La trilla mediante estas máquinas puede requerir la intervención de dos o tres operarios. Los rendimientos, son función del tipo de máquina, de la habilidad del operario y organización del trabajo». [12]

Figura 8.

Máquina trilladora Manual



Nota. Desgranadora de arvejas, Tomado de Alibaba. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/peeling-pea-peelers-hand-rolling-machine-healthy-durable-pea-sheller-for-beans-soy-peas-simple-and-practical-62349612005.html?spm=a2700.8699010.29.11.32c5322anqDUU8>.

Esta máquina se compone de dos rodillos de plástico que son movidos por medio de una manivela con dos engranajes rectos conectados para que generen un movimiento simultáneo. También tiene un compartimiento para que se almacenen los granos. Además que cuenta con un soporte para que mantenga estable y con la

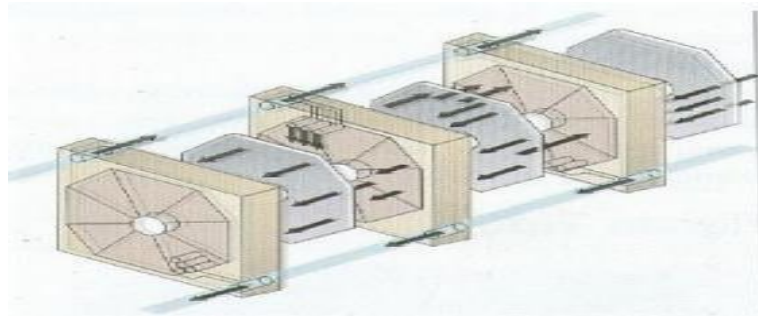
posibilidad de cambiar la manivela para que la puedan trabajar tanto personas zurdas como diestras.

1.2.2 Métodos de Separación a Implementar

1.2.2.a. Ventilación. «Este proceso consiste que las vainas estén correctamente agrupadas y dejarlas de menor tamaño en secciones iguales sin que sufran ningún daño los granos, luego de esto se introducen las secciones cortadas en una cámara de aire que tiene ventiladores que proveen aire en exceso (figura 9) provocando un movimiento en todas las partes cortadas para que así los granos se desprendan de los segmentos de cascara cortados y caigan en otra sección de la máquina, logrando así la separación deseada». [13]

Figura 9.

Cámaras con ventiladores que distribuyen altas cantidades de aire



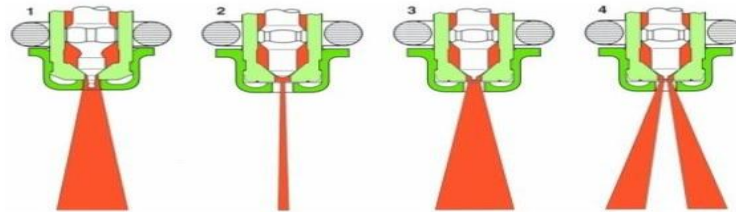
Nota. Esquema de cámaras con ventiladores que proporcionan grandes corrientes de aire, Tomado de: G.H Escobar, G.A. Escobar, Máquina desgranadora de Arveja y Frijol, 8vo congreso iberoamericano de Ingeniería Mecánica 2007. Disponible en: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/14/14-04.pdf>

1.2.2.b. Inyección hidrostática. “Este método consiste en cortar una pequeña parte de las vainas, principalmente en las puntas del grano, para introducir por dicha abertura una gran cantidad de agua, para que logre separar la vaina, hasta que salgan los granos, logrando así su recolección, este método resultar ser de

muy alto costo y vasta complejidad constructiva”. [13]

Figura 10.

Formas de chorro de agua



Nota. Formas de chorro, Tomado de: M. Tinoco, Inyección de gasolina. Disponible en: <https://pt.slideshare.net/waltertinoco/inyeccion-de-gasolina-actuadores/30?smtNoRedir=1>

1.2.2.c. Actuadores neumáticos. Este método consiste en la separación del grano de la vaina por medio de cilindros accionados neumáticamente los cuales golpearan la vaina, con un movimiento asíncrono que le permita golpear la superficie, a medida que va avanzando el producto mediante una banda transportadora. El cabezal de estos cilindros están hechos para que cumplan con el propósito de separar el grano de la vaina, no se aplasten, para qué, sólo quede el grano y los residuos de la vaina.

Figura 11.

Cilindros neumáticos



Nota. Actuadores neumáticos, Tomado de: Aircontrol.
Disponible en: <https://www.aircontrol.es/es/cilindros-neumaticos-extra-fuertes-serie-pesada/>

1.2.3 Máquinas Desgranadoras existentes

1.2.3.a. Trilladora. “La trilladora (figura 5) cuenta con un sistema que separa las impurezas del grano y por el accionamiento puede ser transmitido por un motor de combustión interna, eléctrico o por la toma de fuerza del tractor” [14]. “Además del mecanismo de trilla, generalmente cuentan con zarandas o tamices de diferentes calibres y además pueden tener adaptado un sistema de ventilación que permite hacer el desgrane y la limpieza al mismo tiempo. Este método representa un costo inicial alto, pero es muy eficiente comparado con los otros métodos de desgrane”. [15]

Figura 12.

Trilladora PLOT 2375



Nota. Trilladora de laboratorio de trigo PLOT 2375, Tomado de AgriExpo. Disponible en: <https://www.agriexpo.online/es/prod/cicoria-srl/product-168708-18639.html>

«La trilladora de marca CICORIA cuenta con un sistema de tambor o más conocido como batidor que cuenta con un diámetro de 350 mm y 375 mm de largo. Está equipado con paletas de goma para no dañar las semillas. Además, cuenta con dos motores, un electrostático trifásico (o monofásico) que suministra 2,2 kW cuando se va a trabajar cerca de una toma eléctrica y un motor de gasolina de 9,5 hp de cuatro tiempos en caso de que vaya a trabajar en campo. El sistema de recolección de semillas en el que cuenta con un recipiente en donde descenderán dichas semillas. Además, también cuenta con un sistema de ventilación y aspiración por donde se va a aspirar las partículas trituradas y a su vez se expulsarán, este sistema tiene un ciclo que es provocado por un aspirador montado en el lateral que crea una fuerte depresión de aire extrayendo aire de la parte debajo del batidor y en consecuencia aspirando todos los cuerpos ligeros con un peso específico más bajo que el de las semillas. Sus dimensiones son de 1100 mm de largo, 2100 mm de

ancho y 1750 mm de altura, con un peso de 250 kg y una capacidad de 100 a 300 kg por hora.» [16]

1.2.3.b. Peladora de maíz

Figura 13.

Peladora de maíz MT-860



Nota. Desgranadora de Arvejas,

Tomadode: Taizy.

Disponible en:

<https://www.agriculture-machine.com/multifunctional-thresher-for-maize-beans-sorghum-millet/>

«Esta trilladora es adecuada para pelar maíz, esta máquina se puede equipar con tres tipos de motor: eléctrico, motor de gasolina y motor Diésel. También es utilizada para el frijol y sorgo. Con respecto al principio de funcionamiento, una vez empiece a funcionar la máquina se debe colocar el producto en la placa inclinada y por medio de rodillos comienza el proceso de separación, por otro lado, se usan rejillas para los distintos tipos de granos a operar y por último caen a un tamiz que eliminara las impurezas del producto». [17]

Tabla 3

Ficha técnica de la Máquina MT-860

Potencia (kW)	Capacidad (T/h)	Peso (Kg)	Tamaño (LXAXH)mm	Voltaje (v)
2,2	1-1,5	112	1150x860x1160	220

Nota. Con base a los datos proporcionados en el sitio web se elaboró la ficha técnica de la máquina. Tomado de Taizy.

Disponible en: <https://www.agriculture-machine.com/multifunctional-thresher-for-maize-beans-sorghum-millet/>

Esta máquina puede separar núcleos de impurezas de manera eficiente. También puede ser transportada gracias a que incorpora ruedas de plástico en cada esquina de la base de la estructura de la máquina.

1.2.3.c. Desgranadora de frijoles 5T-50

Figura 14.

Desgranadora 5T-50



Nota. Desgranadora de frijoles, Tomado de W. Machinery. Disponible en: http://www.weiweimachinery.com/products/RICE_SHELLER.html#table-info

«Cuando la máquina (Figura 14) esté funcionando, primero se introduce el producto por medio de la plataforma inclinada, una vez introducido se procede a la separación de la cascara o vaina del grano y luego el producto uniformemente es separado por la fuerza conjunta de la rejilla en el rodillo llegando directamente hacia la malla de tamiz. Por otro lado, las partículas son expulsadas de la maquina por el ventilador. El desgranador se compone principalmente de entrada, rodillo, pantalla y marco de ventilador adecuado para diferentes necesidades.» [18]

Tabla 4

Ficha técnica Desgranadora 5T-50

Peso (kg)	Tamaño (LXAXH) mm	velocidad del motor (rev/ min)	potencia (kW)	Voltaje (V)	Capacidad (kg/h)
55	1500x800x1000	2800	2,2-3	220	400-450

Nota. Con respecto a la información consultada en el sitio web se elaboró la ficha técnica de esta máquina. Tomado de: W. Machinery. Disponible en: http://www.weiweimachinery.com/products/RICE_SHELLER.html#table-info

Toda la máquina está hecha de un cuerpo de acero completo. La máquina es de buena durabilidad, no es fácil de corroer y oxidar. Esta máquina dispone de ruedas para que pueda ser transportada con ayuda de una estructura de agarre, para controlar su dirección y ser utilizada en otro sector para su funcionamiento.

1.2.3.d. Desgranadora de arveja modelo 675

Figura 15.

Desgranadora Modelo 675



Nota. Desgranadora de arveja. Tomado de:
Expoimport. Disponible en:
[http://www.expoimport.com/wp/?product=woo-
single-2](http://www.expoimport.com/wp/?product=woo-single-2)

“Esta desgranadora (Figura 15) es eficiente para desgranar diferentes tipos de granos verdes y maduros como lo son: las habas, arvejas y frijoles.” [19]

«En promedio esta desgranadora puede pelar 50 kilos de granos aproximadamente. Por otro lado dependiendo del tamaño y tipo del grano puede producir entre 18 y 25 Kg de grano desgranado. Esta máquina es fácil de usar, simplemente se colocan las vainas en la bandeja superior y luego se empujan directamente hacia el husillo manualmente. Una vez pasen por estos rodillos, los granos pelados caerán hacia la parte interna de la máquina y las vainas son descargadas por la parte frontal de la máquina. Los pequeños ajustes del espacio entre los rodillos permiten que se puedan pelar granos de diferentes tamaños.» [19]

Tabla 5.

Ficha técnica de la Desgranadora modelo 675

Capacidad	Motor	Switch	Cable de corriente	Rodillos	Tensores de rodillos	Aparejo	Guardas	Estructura metálica	Taza de plástico
100 libras/hora	1/3 Hp	Boton de encendido y pagado	2.3 metros de longitud	Especialmente patentados y diseñados con material no tóxico, moldeados para reforzar el eje de acero	Diseñados especialmente con un material de alta tensión para lograr larga duración.	Diseñado en acero para soportar alta tensión y larga duración.	Ajustables para proteger los dedos y cubrir la correa de repartición.	Totalmente diseñada y construida en aluminio para proveer rigidez y larga duración.	Taza removible para ecepcionar los granos

Nota. Datos técnicos de la desgranadora modelo 675. Tomado de: Expoimport.
Disponible en: <http://www.expoimport.com/wp/?product=woo-single-2>

Con respecto a la tabla 5 la maquina presenta una alta capacidad para poder desgranar, ya que cuenta con la potencia de un motor 1/3 de caballo de potencia que hará accionar el husillo por medio de un “switch” para ejecutar el proceso de separación de la vaina. La estructura de la máquina está diseñada en aluminio para que tenga una larga duración, mientras que el husillo está diseñado con un material no toxico para reforzar el eje de acero. Cuenta con unos tensores para los rodillos especialmente para tener una larga duración.

1.2.3.e. Desgranadora de arveja modelo HC-L1

Figura 16.

Máquina desgranadora modelo HC-L1



Nota. Desgranadora de Arveja. Tomado de:
Zhengzhou Hanchuang Machinery Co.
Disponible en:
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-automatic-green-pigeon-peas-peeler-peeling-shelling-machine-60794041134.html?spm=a2700.8699010.normalList.8.3e7441faxO1S62>

“El alimentador de esta máquina (Figura 16) va automáticamente alimentando hacia delante de manera ordenada, el husillo de descascarilla miento se introduce cuando alcanza la cola del alimentador; cuando el eje alcanza una alta velocidad la vaina y el grano se separan instantáneamente consiguiendo el efecto de separación de los núcleos de la vaina.” [20]

Tabla 6.

Ficha técnica desgranadora modelo HC-L1

Capacidad	Peso	Tamaño	Voltaje	Energía	Uso	Tamiz vibratorio	Motor	Ejes para pelar el frijol
50 Kg/h	43 Kg	850x500x810mm	220 v	1.5 KW	Desgranar frijol	Doble Tamiz vibratorio para un mejor resultado	la máquina cuenta con dos motores para un funcionamiento mas rapido	patrones precisos, pelado de la cascara del frijol, baja tasa de frenado

Nota. Datos técnicos de la desgranadora HC-L1. Tomado de: Zhengzhou Hanchuang Machinery Co. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-automatic-green-pigeon-peas-peeler-peeling-shelling-machine-60794041134.html?spm=a2700.8699010.normalList.8.3e7441faxO1S62>

Con base en la tabla 6 se puede identificar que la máquina HC-L1 es de un tamaño pequeño y además dispone de doble tamiz vibratorio para eliminar las impurezas que se encuentren en el grano. Por otro lado, usa dos motores eléctricos para desgranar la capacidad de 50 kg/h. Tiene patrones precisos para un pelado de cascara con una baja tasa de frenado.

1.2.3.f. Desgranadora de garbanzos MTPS 18B

Figura 17.

Desgranadora MTPS 18B



Nota. Máquina desgranadora de garbanzo, Tomado de: L. Lushan Win Tone Engineering Technology Co. Disponible en: <http://www.pelador-de-legumbre.com/Productos/Maquina-desgranadora-de-garbanzo/maquina-desgranadora-garbanzo.html>

«Los garbanzos son enviados a una cámara de propulsión por medio de un dispositivo de regulación, donde el empujador en espiral los conduce a un rodillo de esmeril, cuya apariencia apilada, corta el salvado con cierta velocidad haciendo que las partículas del grano se froten contra la placa del tamiz para pelar los materiales. La salida tiene una entrada de succión de aire para enfriar aún más el grano y limpiar el producto terminado por segunda vez.» [21]

Tabla 7.

Ficha técnica de la desgranadora MTPS 18B

Diametro del rodillo esmeril (mm)	Longitud del rolo de esmeril (mm)	Velocidad de rotación del eje de principio (Rev/ min)	Cantidad (T/ h)	Potencia (kW)	Dimensión del limite (LXWXH) mm
180	660	1300	1-1,5	22	1410x1220x2030

Nota. Datos técnicos de la desgranadora MTPS 18B. Tomado de: L. Lushan Win Tone Engineering Technology Co. Disponible en: <http://www.pelador-de-legumbre.com/Productos/Maquina-desgranadora-de-garbanzo/maquina-desgranadora-garbanzo.html>

«Utiliza una estructura de rolo de arena al triturar el endospermo (núcleo del grano) de los granos más pequeños, de alto rendimiento, de 3 a 4 toneladas por hora de procesamiento. Tiene un motor de 22 a 37 kW, tiene una capacidad de procesamiento de 1500, 2500 y 5000 kg más de la cantidad del equipo en procesamiento. Se compone en el mecanismo de entrada, la hélice, cámara de pelado, rodillo de oro, transmisión, tolva de recogida, un dispositivo de salida y otros componentes.» [21]

“La cámara de aspiración recoge las impurezas por encima del 95% y son los más altos estándares de la industria”. [21]

Tabla 8.

Ventajas y Desventajas de las Máquinas Desgranadoras







Máquina	Ventajas	Desventajas
Trilladora CICORIA PLOT 2375	Cuenta con un mecanismo de trilla que usa zarandas o tamices de diferentes calibres, con un sistema de ventilación que permite hacer el desgrane	No cuenta con un depósito para desperdicios y representa un alto gasto de energía
Peladora de maiz	Separa núcleos e impurezas de manera eficiente, también presenta una alta capacidad de separación y puede ser transportada, ya que cuenta con cuatro ruedas en sus extremos	El rodillo y las rejillas son el punto débil de la máquina y deben cambiarse anualmente
Desgranadora de frijoles 5T-50	El peso de esta máquina es ligero y representa un factor clave al ser transportado de una manera más cómoda, presenta una buena durabilidad, no es fácil de corroer y oxidar.	Su estructura no le permite que tenga una buena estabilidad y la zona de carga del producto es muy reducida
Desgranadora de arveja modelo 675	Fácil desgranado por medio de rodillos, con baja tasa de pérdidas del grano	El operario tiene que llevar el producto directamente hacia los rodillos y puede causar una lesión en las manos. Además representa una baja capacidad de separación de granos
Desgranadora de arveja modelo HC-L1	Proceso de separación por medio de un husillo de descascarillamiento, eliminando impurezas por medio de un tamiz vibratorio	El producto ingresa al sistema de separación de una manera detenida ya que requiere de una banda transportadora que lleve el producto a la plataforma inclinada de la máquina
Desgranadora de garbanzos MTPS 18B	Pelado rápido por medio de un rodillo de esmeril, el cual va cortando las partículas del grano llevándolos directamente al tamiz, eliminando las impurezas del grano.	Presenta un alto costo en el mercado y por otro lado el esmeril puede pelar más el producto de lo deseado.

Nota. Cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de las máquinas consultadas

1.3 Matriz de evaluación de alternativas

Tabla 9.

Matriz de evaluación

Máquina	Imagen	Capacidad (T/h)	Peso (Kg)	Dimensiones (LXAXH) mm	Potencia (kW)	Sistema de separación	Sistema de selección	Sistema de transmisión	Sistema de control	Sistema eléctrico	Sistema de alimentación	Sistema de almacenamieto	Sistema estructural
Trilladora CICORIA PLOT 2375		0,1-0,3	250	1100x2100x1750	2,2	Batidor y paletas de goma	Aspirador	No suministrado	Encendido y Apagado	Motor	Tolva Superior	Cajon	Lamina redonda
Peladora de maiz		1-1,5	112	1150x860x1160	2,2	Rodillos	Rejillas de distintos tamaños	Poleas	Encendido y Apagado	Motor	Tolva Frontal	No tiene	Lamina rectangular y armadura en viga
Desgranadora de Frijoles 5T-50		0,40-0,45	55	1500x800x1000	2,2-3	Rodillos	Tamiz	poleas	Encendido y Apagado	Motor	Tolva Lateral	No tiene	Lamina rectangular y armadura en viga
Desgranadora de Arveja modelo 675		0,05	No suministrado	No suministrado	0,25	Husillo	Taza removible para ecepcionar los granos	No suministrado	Encendido y Apagado	Conexión a toma corriente	No tiene	No tiene	Lamina rectangular
Desgranadora de Arveja modelo HC-L1		0,05	43	850x500x810	1,5	Husillo	Tamiz vibratorio	Poleas	Encendido y Apagado	Motor	No tiene	No tiene	Lamina rectangular y armadura en viga
Desgranadora de Garbanzos MTPS 18B		1-1,5	No suministrado	1410x1220x2030	2,2	Rodillo de esmeril	Aspirador	No suministrado	Encendido , Apagado y paro de Emergencia	Conexión a toma corriente	Tolva Superior	No tiene	Lamina rectangular

Nota. Matriz de alternativas para evaluar parámetros importantes en el diseño de la máquina

Con respecto a la matriz de evaluación de alternativas las máquinas que tienen una gran capacidad de trabajo para desgranar son la peladora de maíz y la desgranadora de garbanzos MTPS 18B ya que tiene una capacidad de 1-1,5 T/h.

Con relación a la información suministrada por las diferentes máquinas se da a entender que la máquina HC-L1 es la más liviana y la más pesada es la CICORIA, esto puede ser porque la CICORIA tiene más componentes que la HC-L1.

La máquina más grande es la MTPS 18B ya que sus dimensiones son 1,4 metros de la largo, 1,2 metros de ancho y 2,03 metros de alto, haciéndola una máquina robusta y por esto es que maneja una gran capacidad.

En la variable de la potencia la que mayor consumo tiene es la desgranadora 5T-50 ya que consume hasta 3kW y la desgranadora 675 es la que menor consumo tiene con una potencia de 0,25 kW.

Entre las máquinas consultadas tiene tres tipos de separación, los cuales son: batidor y paletas de goma, rodillo y husillo.

Para el sistema de selección las máquinas utilizan el sistema de tamiz, aspiración y una taza removible para excepcionar los granos, en el que el más común para la mayoría de las máquinas es el tamiz.

Con relación a la información suministrada el sistema de transmisión que tienen algunas máquinas son de transmisión por poleas.

El sistema de control que tienen todas las máquinas es el encendido y el apagado, a excepción de la MTPS 18B que además de tener lo anteriormente mencionado, tiene un paro de emergencia.

El sistema eléctrico que tienen la mayoría de las máquinas es un motor necesario para que funcionen los sistemas y lleven a cabo el proceso.

El sistema de alimentación en las máquinas es una tolva ya sea superior, lateral o frontal, para que dosifique la entrada del producto, donde la más común es la tolva superior.

El sistema de almacenamiento la mayoría de las máquinas no la tienen, a excepción de la CICORIA, que tiene un cajón situado en la parte inferior de la máquina.

La mayoría de las máquinas por no decir todas, tienen un sistema estructural hecho en lámina con perfil rectangular de un material resistente. Además de lo anterior hay algunas que tienen armaduras en vigas y columnas para que tengan un mayor soporte.

2. DISEÑO CONCEPTUAL Y FUNCIONAL DE LA MÁQUINA

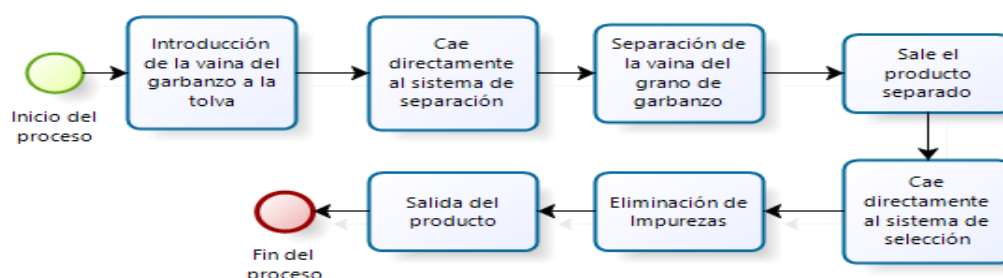
2.1 Parámetros del proceso

2.1.1 Flujo del proceso

Para poder entrar en contexto sobre la parametrización del proceso primero debemos identificar las variables de entrada y salida, para tener claro cómo va a ser el procedimiento de separación de la vaina del grano, ya que este producto requiere de una adecuada manipulación. Con base en esto la máquina debe realizar un método adecuado para realizar la separación y esto conlleva a determinar los requerimientos necesarios para obtener la variable de salida que en este caso es el grano de garbanzo, a continuación, se presentan las variables de trabajo del proceso.

Figura 18.

Diagrama de flujo del proceso



Nota. Con base al funcionamiento de las máquinas análogas se diseñó un diagrama de flujo que permite visualizar el proceso que realizara la máquina.

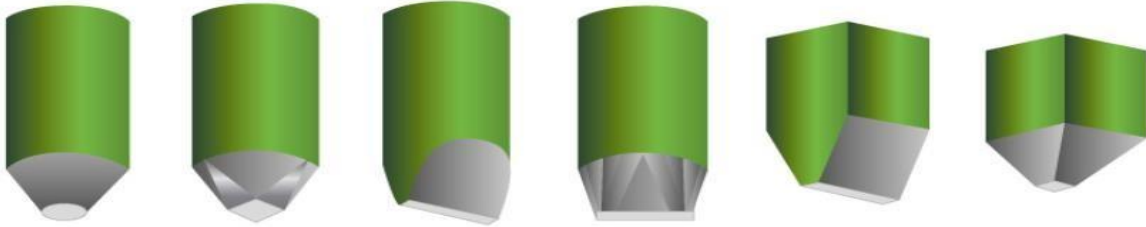
2.1.2 Paso a paso del proceso

2.1.2.a. Introducir la vaina del garbanzo en la tolva

En los tipos de tolvas mostrados en la figura 19, se utilizan con bajo índice de deslizamiento y fácilmente degradables reduciendo los tiempos de almacenaje siguiendo el principio de que lo primero que entra es lo primero que sale. [22]

Figura 19.

Tipos de tolvas Firts in- Firts out



Nota. Tolvas escarpadas y lisas, con paredes y ángulos que presentan acabado uniforme con plantas cilíndricas rectangular o cuadrada y fondo, Tomado de: Idealtec Disponible en: <http://www.idealtecsrl.com/tolvas/>

Para los tipos de tolva en la figura 20, se utilizan para alto índice de deslizamiento y no degradables, gracias a este material estacionario no genera fenómenos estacionarios de segregación ni de caudal anómalo. El vaciado para este tipo de tolvas está basado en el principio de todo lo que entra es lo último que sale. [22]

Figura 20.

Tipos de Tolvas Firts in- Last out



Nota. Tolvas con laterales bajos e inclinación de las paredes reducidas, con planta cilíndrica, rectangular o cuadrada y fondo. Tomado de: idealtec. Disponible en: <http://www.idealtecsrl.com/tolvas/>

La finalidad de tener una tolva en la máquina, es la de dosificar la cantidad de vainas que van a ser introducidas, para llevarlas a la posterior separación de la vaina del grano.

2.1.2.b. Ingresar la vaina a la máquina. Después de que el operario haya ingresado la vaina en la tolva, esta dosificadora, para que el ingreso de la vaina de la máquina sea controlado y así la máquina realice el proceso de separación eficientemente.

2.1.2.c. Separación de la vaina del grano.

- Trillado: Mediante este sistema se va a separar la vaina por medio de un batidor con paletas de goma, el cual cuando este girando, la vaina golpeará con las paletas de goma sin causarle daño al grano, separándolo de la vaina.

- Ventilación: Este método de separación consiste en un ventilador, a una velocidad determinada en la que va a hacer que la vaina golpee con una malla, hasta que estas se rompan y el grano quede sin la vaina.

La desventaja que presenta este método es que hay que detener el proceso para sacar el producto de la máquina, se necesita de un compresor externo para accionar el aire que va a ingresar.

- Inyección hidrostática: El funcionamiento de este método se realiza por medio de un chorro de agua a una presión determinada, permitiendo separar la vaina cuando este en contacto con el chorro y de esta manera sacar el grano de su cascara.

La desventaja que se presenta es el alto consumo de agua y el peligro con el contacto del chorro de agua debido a que esta presenta una elevada presión y también se necesita de una bomba externa para suministrarle el agua.

- Actuador neumático: El principio de este sistema se basa en usar actuadores neumáticos que tengan cabezales especiales que golpearán la vaina sin destruir el grano y desprendiéndolo de la vaina.

Su principal desventaja es su alto costo ya que los equipos neumáticos tienen un valor elevado en el mercado y la inversión en la máquina resultaría muy costosa y además necesita de un compresor externo.

- Rodillos: Con base a este método se plantea el uso de dos rodillos, que giran en direcciones opuestas, separados a cierta distancia ya que cuando pase la vaina por

medio de estos rodillos, se producirá un rozamiento lo suficientemente necesario para rasgar la vaina y caigan el grano y la vaina separados.

2.1.2.d. Eliminación de impurezas

- Tamiz: Pasa directamente al tamiz el cual por un sistema de vibración y/o inclinación, permitirá hacer un movimiento oscilatorio o por gravedad, haciendo pasar el grano quedando la vaina en la superficie del tamiz.

Figura 21.

Tamiz



Nota. Perforaciones del tamiz. Tomado de: Hedei Qijie Wire Mesh MFG Co., Ltd. Disponible en: <http://m.spanish.industrialmetalmesh.com/sale-12080762-ronda-cuadrado-malla-perforada-hexagonal-del-tamiz-vibratorio.html>

La desventaja que tiene el tamiz es que puede ensuciarse y taponar los orificios ya que impiden el paso del grano hacia el contenedor.

- Extracción de aire: Sistema de aspiración por donde se van a aspirar las partes de la vaina o los granos dependiendo de su peso específico, este sistema, el cual se implementa en la trilladora CICORIA 2375, mencionada anteriormente es interesante, ya que el producto no se ve afectado.

La desventaja que presenta este sistema de aspiración es el alto costo en el mercado, además de que necesita un sistema adicional para que cumpla con el fin de extraer el aire.

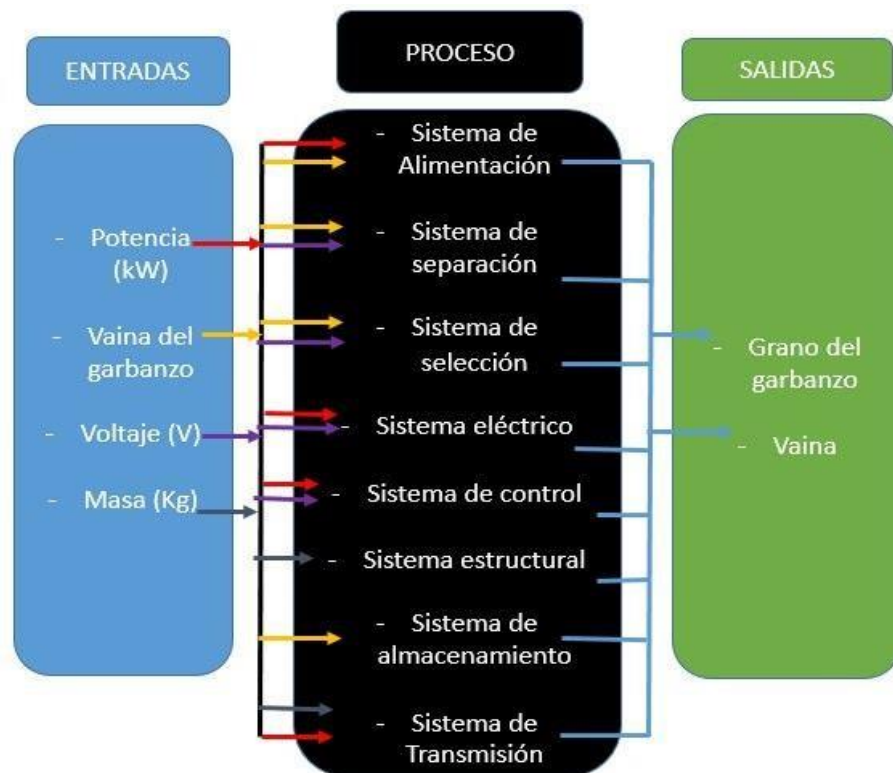
2.1.2.e. Salida del grano limpio. El grano caerá a un compartimento de almacenamiento donde permanecerá hasta que se complete el volumen requerido.

2.2 Diagrama de caja negra

Con respecto al paso a paso mencionado anteriormente se muestra un diagrama de caja negra (Figura 22), con los sistemas que se tendrán en cuenta para el diseño de la máquina teniendo en cuenta las variables de entrada para llevarlo a un proceso de transformación para así obtener la variable de salida.

Figura 22.

Diagrama de caja negra



Nota. Para la elaboración se tuvieron en cuenta las variables de entrada y salida del proceso y la respectiva transformación que lleva a cabo el proceso.

2.3 Sistemas Generales de la Máquina

2.3.1 Sistema de alimentación

Este sistema está encargado de permitir el adecuado acceso a la máquina. Sin embargo, para poder introducir el producto lo debe realizar un operario, el que deja caer las vainas del grano hacia este sistema, para que, esta pueda cumplir con dosificarla al interior. Además de que este sistema cuenta con una tolva con cierta geometría que va a permitir al producto ingresar de manera uniforme para que se pueda realizar una separación adecuada.

2.3.2 Sistema de separación

El sistema de separación, es un mecanismo en el cual permite desprender la vaina del grano y este se puede llevar a cabo de diferentes métodos. Este sistema es esencial ya que me determinara el cumplimiento de la variable de salida, que en este caso es el grano de garbanzo sin la vaina, además que será el sistema principal de toda la máquina, ya que realizara el trabajo en sí de la máquina.

2.3.3 Sistema de selección

Este sistema se encargará de eliminar las impurezas que tenga el grano una vez haya pasado por el sistema de separación y además solo permitirá el paso del grano, dejando la vaina en un contenedor y el grano caerá a un recipiente para después ser almacenado y transportado.

2.3.4 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico, será el encargado de suministrar la energía a la máquina, transformado la energía eléctrica en energía mecánica, para que permita el funcionamiento del sistema de separación mediante los mecanismos y realicen la tarea. Por otro lado también se encargara del sistema de selección para que tenga un rendimiento más eficiente al momento de eliminar las impurezas del grano y obtener un producto limpio.

2.3.5 Sistema de control

El sistema de control se encarga de dar las órdenes de operación a la máquina, también estará encargada de controlar el flujo de energía, teniendo en cuenta los

parámetros previamente establecidos para que la máquina opere correctamente y por otro lado mediante un interruptor, se pondrá en marcha la máquina y también habrá otro interruptor para el paro de emergencia. Todo esto se encontrara dentro de un tablero de control que permitirá manipular todas las acciones de la máquina.

2.3.5.a. Paro de emergencia. En el tablero de control de la máquina se encontrara el botón de emergencia que detendrá el proceso de la máquina en caso de que esta no funcione, debido a una falla en los sistemas accionados eléctricamente.

Figura 23.

Botón de paro de emergencia



Nota. Parada de emergencia. Tomado de:
The pepperl+fuchs Magazine. Disponible
en: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_2395.htm?view=productgroupliterature

2.3.6 Sistema estructural

Este sistema se encargara de soportar los mecanismos de la máquina, además de protegerlos de algún daño externo (Humedad, corrosión, impacto, etc.) y evitar que el operario introduzca alguna extremidad dentro de la máquina.

2.3.7 Sistema de almacenamiento

Este sistema se encargara de almacenar el grano de garbanzo después de ser separado y retirado de la máquina, sin que este tenga daños ya que es un producto perecedero.

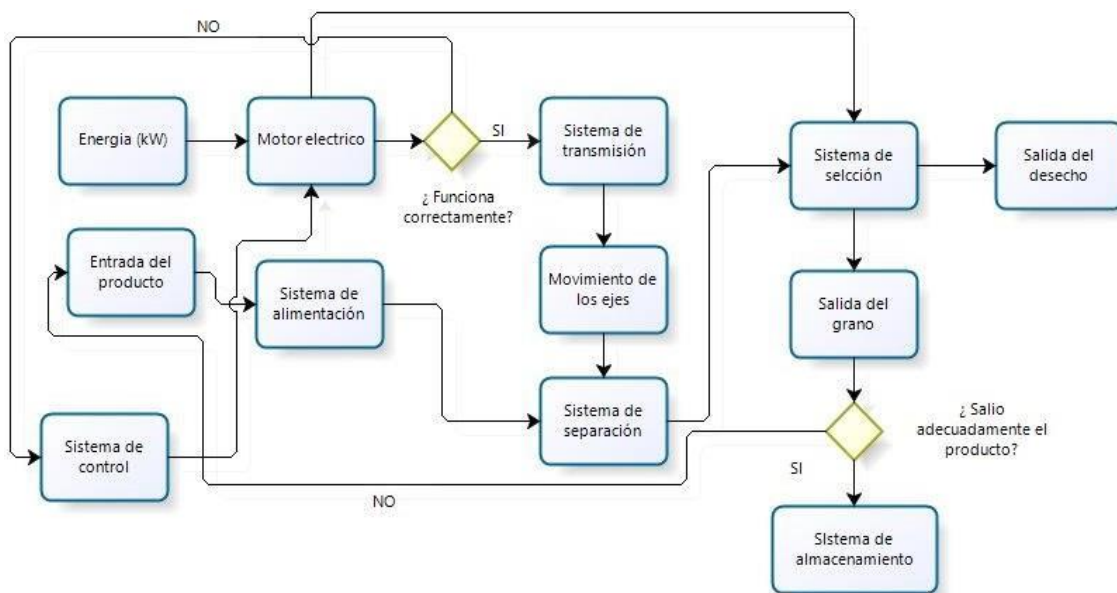
2.3.8 Sistema de Transmisión

Este sistema se verá encargado de transmitir la potencia generada por el motor a un subsistema de poleas y correas, que harán que se muevan los rodillos para que el producto salga separado y caiga al sistema de selección.

2.4 Diagrama funcional de la máquina

Figura 24.

Diagrama funcional de la máquina



Nota. Este diagrama se realizó con base al funcionamiento de las máquinas análogas analizadas anteriormente

En el diagrama funcional de la máquina se muestra cómo va a ser el funcionamiento de esta y cómo va a llevar a cabo el proceso de separar la vaina del grano de garbanzo.

En primera instancia la energía va a suministrarse al sistema de control, motor eléctrico, sistema de selección y sistema de separación. Por ende el sistema de control es el que va a poner en marcha la máquina, empezando por el motor eléctrico para que este mismo se encargue de que funcione el sistema de transmisión. El sistema de transmisión será el encargado de generar la fuerza, velocidad, el movimiento, la potencia, el torque y mediante algún mecanismo hacer girar los ejes para que funcione el sistema

de separación. Por otro lado mediante la energía del motor eléctrico accionara el sistema de selección para que este pueda eliminar la impureza de los granos después de que salgan del sistema de separación.

El producto ingresara a la máquina por medio del sistema de alimentación, donde será dosificado para que haya un mejor control de ingreso a la máquina y no haya una saturación del producto a la entrada de la máquina.

Una vez dosificado pasara directamente hacia el sistema de separación en donde será separada la vaina del grano por medio de un mecanismo que será seleccionado posteriormente para que realice este proceso, ya que este sistema es importante porque de este depende la cantidad del producto deseado.

El sistema de separación estará conectado al sistema de transmisión que generara el trabajo para el sistema de separación por medio de un mecanismo que transfiera la potencia producida por el motor hacia los ejes.

Después de separar el producto pasara a un sistema de selección donde se va a eliminar las diferentes impurezas y apartar el grano separado de estas impurezas, ya que del sistema de separación salen con residuos de la vaina y se necesita que el producto salga limpio de la máquina. Por ende este sistema determinara la calidad del grano para ser almacenado.

Una vez haya salido el grano del sistema de selección, este se dirigirá hacia el sistema de almacenamiento donde quedara almacenado hasta un peso determinado, para que el grano no se eche a perder y perdure durante un periodo de tiempo.

2.5 Requisito para el diseño de la máquina

Se tomara en cuenta los requisitos para un diseño adecuado de esta máquina con el fin de elegir una alternativa que cumpla con los parámetros adecuados. Se tendrá en cuenta una escala para verificar el nivel de consideración que tienen estos requisitos, lo cual va estar evaluado de 1-5 y así identificar que requisito es más importante para cada uno de los sistemas.

Tabla 10.

Nivel de consideración

1	Indiferente
2	Inaceptable
3	Aceptable
4	Deseado
5	Requerido

Nota. Esta escala se tendrá en cuenta para evaluar los requisitos de cada sistema

2.5.1 Tabla de requisitos del usuario

2.5.1.a. sistema de alimentación

Tabla 11.

Requisitos de la máquina (Alimentación)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo					x
sea Confiable					X
tenga un bajo costo de mantenimiento				X	
consume menor cantidad de energia				X	
tenga suficiente capacidad de entrada del producto					X
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación					X
sea Segura para el operario					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.b. Sistema de separación

Tabla 12.

Requisitos de la máquina (Separación)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo	x				
sea Confiable					x
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia				x	
tenga suficiente capacidad de entrada del producto	x				
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación				x	
sea Segura para el operario					x
la separación sea eficiente					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos dela máquina

2.5.1.c. Sistema de selección

Tabla 13.

Requisitos de la máquina (Selección)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo	x				
sea Confiable				x	
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia				x	
la salida del producto este limpio				x	
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación				x	
sea Segura para el operario					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.d. Sistema eléctrico

Tabla 14.

Requisitos de la máquina (Eléctrico)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo			x		
sea Confiable					x
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia	x				
tenga suficiente capacidad de entrada del producto	x				
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	x				
sea Segura para el operario					x
suministre la suficiente energia a la máquina					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.e. Sistema de control

Tabla 15.

Requisitos de la máquina (Control)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo					x
sea Confiable					x
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia				x	
tenga suficiente capacidad de entrada del producto	x				
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	x				
sea Segura para el operario					x
indique la alerta a tiempo				x	
el tiempo de respuesta de las señales sea corto					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.f. Sistema estructural

Tabla 16.

Requisitos de la máquina (Estructural)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo	x				
sea Confiable					x
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia	x				
tenga suficiente capacidad de entrada del producto				x	
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación				x	
sea Segura para el operario					x
soporte la carga de los mecanismos					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.g. Sistema de almacenamiento

Tabla 17.

Requisitos de la máquina (Almacenamiento)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo				x	
sea Confiable				x	
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consuma menor cantidad de energia	x				
tenga suficiente capacidad de entrada del producto				x	
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación				x	
sea Segura para el operario					x
soporte el peso suficiente					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.1.h. Sistema de transmisión

Tabla 18.

Requisitos de la máquina (Transmisión)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
sea de facil manejo				x	
sea Confiable					x
tenga un bajo costo de mantenimiento				x	
consume menor cantidad de energia					x
tenga suficiente capacidad de entrada del producto	x				
los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación				x	
sea Segura para el operario					x
tenga una buena relación de transmisión					x
este sincronizado					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2 Tabla de requisitos de diseño

2.5.2.a. Sistema de alimentación

Tabla 19.

Requisitos de diseño (Alimentación)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Materiales Apropriados					x
Volumen suficiente de carga				x	
Facil instalación				x	
Diseño ergonómico				x	
Dimensiones deseadas				x	
Flujo optimo de dosificación				x	
Fuertemente unido a la máquina					x

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.b. Sistema de separación

Tabla 20.

Requisitos de diseño (Separación)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Diseño adecuado					X
Material apropiado para el manejo de alimentos					X
Separación deseada				X	
Bajo consumo de energía				X	
Tamaño adecuado para separar la vaina				X	
Diseño higienico				X	
Propiedades mecánicas deseadas				X	
Material no adhesivo				X	

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.c. Sistema de selección

Tabla 21.

Requisitos de diseño (Selección)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Materiales deseados				X	
Diseño ergonomico				X	
Eliminación eficiente de impurezas					X
Separar las partículas formadas por el sistema de separación					X
Materiales higienicos				X	
Optima geometria				X	
Bajo consumo de energía					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.d. Sistema eléctrico

Tabla 22.

Requisitos de diseño (Eléctrico)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Bajo consumo de energía			X		
Capacidad energía eficiente					X
Sin generación de corto circuito					X
Bajo costo				X	
Suministro de potencia requerida				X	
Transformación de la energía					X
Conexiones en buen estado					X
Variables eléctricas controladas					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.e. Sistema de control

Tabla 23.

Requisitos de diseño (Control)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Control de variables					X
Facil acceso				X	
Indicación de alerta					X
Conexión en buen estado					X
Elementos de entrada en buen estado					X
Bajo consumo de energía				X	
Tiempo de respuesta corto de las señales					X
Interruptores en buen estado					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.f. Sistema estructural

Tabla 24.

Requisitos de diseño (Estructural)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Diseño ergonomico				X	
Resistencia a cargas					X
Materiales adecuados				X	
Propiedades mecanicas deseadas				X	
Fuertemente unido a la máquina					X
Peso adecuado				X	
Bajo costo				X	
Facil instalación					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.g. Sistema de almacenamiento

Tabla 25.

Requisitos de diseño (Almacenamiento)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Materiales deseados				X	
Alta capacidad de almacenamiento					X
Bajo costo				X	
Mantener el producto en buenas condiciones					X
Resistencia a la carga					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

2.5.2.h. Sistema de transmisión

Tabla 26.

Requisitos de diseño (Transmisión)

REQUISITOS DE LA MÁQUINA	Nivel de consideración				
	1	2	3	4	5
Potencia deseada				X	
Funcionamiento silencioso					X
Materiales deseados				X	
Diseño sencillo				X	
Torque producido				X	
Velocidad Transmitida				X	
Facil intalación					X
Relación de transmisión					X
Optima sincronización					X

Nota. Se muestra el nivel de consideración de los requisitos de la máquina

Después de evaluar los requisitos del usuario y de diseño, se tendrán en cuenta estos requisitos para evaluarlos juntos en una matriz QFD, de cada uno de los sistemas y así elegir la alternativa más adecuada que me pueda cumplir dichos requisitos.

2.6 Matriz de evaluación de importancia de la máquina

2.6.1 Matriz de evaluación del sistema de alimentación

Tabla 27.

Matriz QFD del sistema de alimentación

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7						
			Materiales Apropriados	Volumen suficiente de carga	Facil instalación	Diseño ergonómico	Dimensiones deseadas	Flujo optimo de dosificación	Fuertemente unido a la máquina	Ckoria PIOT 2375	Peladora de maíz 5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B	
15,15	10	Que sea de facil manejo	0	3	3	9	9	3	1	3	3	3	0	0	5
15,15	10	Que sea Confiable	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	0	0	5
12,12	8	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	3	3	3	9	9	1	9	3	3	3	0	0	3
12,12	8	Que consuma menor cantidad de energia	3	9	0	3	9	9	1	5	5	5	0	0	5
15,15	10	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	9	9	1	3	9	9	3	5	5	3	0	0	5
15,15	10	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	9	1	1	1	9	3	5	5	5	0	0	5
15,15	10	Que sea Segura para el operario	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	0	0	5
Valor Absoluto			408	486	254	406	514	470	330						
Valor Relativo			14,23%	16,95%	8,86%	14,16%	17,92%	16,39%	11,51%						
Evaluación			4	2	7	5	1	3	6						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Con base a la tabla 27 los requisitos de diseño que cumplen con los requisitos del usuario son: las dimensiones deseadas, un volumen suficiente de carga, un flujo óptimo de dosificación y materiales apropiados, el mecanismo que puede cumplir con estos requisitos es una tolva superior de tronco piramidal ya que es de uso para materiales de bajo índice de deslizamiento y favorece el vaciado según el principio de lo primero que entra es lo primero que sale (first in-first out).

2.6.2 Matriz de evaluación del sistema de separación

Tabla 28.

Matriz QFD del sistema de separación

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7	8						
			Diseño adecuado	Material apropiado para el manejo de alimentos	Separación deseada	Bajo consumo de energía	Tamaño adecuado para separar la vaina	Diseño higiénico	Propiedades mecánicas deseadas	Material no adhesivo	Ckoria PLOT 2375	Peladora de maíz ST-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B	
13,89	10	Que sea de fácil manejo	3	9	9	1	3	0	3	0	5	5	5	5	5	5
13,89	10	Que sea Confiable	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	5	5	5
12,50	9	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	9	9	9	9	9	3	9	9	1	3	3	5	3	1
12,50	9	Que consuma menor cantidad de energía	9	9	3	9	3	0	9	3	1	1	3	5	5	1
6,94	5	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	9	1	3	0	9	1	3	3	5	5	3	1	3	5
12,50	9	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	9	9	3	9	9	9	9	5	5	5	5	5	5
13,89	10	Que sea Segura para el operario	9	9	9	0	9	9	9	0	5	5	3	0	3	5
13,89	10	Que la separación sea eficiente	9	9	3	9	9	9	9	9	5	5	5	3	5	5
Valor Absoluto			588	608	504	379	534	383	558	384						
Valor Relativo			14,93%	15,44%	12,80%	9,62%	13,56%	9,73%	14,17%	9,75%						
Evaluación			2	1	5	8	4	7	3	6						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Con respecto a la tabla 28, los resultados que se obtuvieron de la evaluación en la matriz es que el sistema tenga materiales apropiados para el manejo de alimentos, un diseño adecuado, propiedades mecánicas deseadas y tamaño adecuado para separar las vainas. El mecanismo que puede cumplir con estos requisitos es un mecanismo de rodillos ya que sin importar el tamaño que tenga podrá cumplir con separar adecuadamente el grano de la vaina y se podrá elaborar o recubrir con un material adecuado para alimentos.

2.6.3 Matriz de evaluación del sistema de selección

Tabla 29.

Matriz QFD del sistema de selección

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7						
			Materiales deseados	Diseño ergonomico	Eliminación eficiente de impurezas	Separar las partículas formadas por el sistema de separación	Materiales higienicos	Optima geometria	Bajo consumo de energia	Cikoria PIOT 2375	Peladora de maiz 5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B	
15,87	10	Que sea de facil manejo	0	3	0	3	0	3	0	5	5	3	1	3	5
14,29	9	Que sea Confiable	3	1	9	9	3	0	9	5	5	5	3	3	5
14,29	9	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	9	9	3	3	3	3	0	3	3	3	5	3	1
12,70	8	Que consuma menor cantidad de energia	0	1	9	9	0	0	9	1	1	3	5	3	1
14,29	9	Que la salida del producto este limpio	9	9	9	9	9	9	9	5	5	3	3	5	5
12,70	8	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	9	1	1	9	9	0	5	5	5	5	5	5
15,87	10	Que sea Segura para el operario	9	3	9	9	9	9	0	5	5	3	1	5	5
Valor Absoluto			351	311	359	389	297	300	234						
Valor Relativo			15,66%	13,88%	16,02%	17,36%	13,25%	13,39%	10,44%						
Evaluación			3	4	2	1	6	5	7						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

En la tabla 29, se identificó que los requisitos más importantes según la evaluación son: separar las partículas formadas por el sistema de separación, eliminar eficazmente las impurezas, que tenga un material adecuado y sea ergonómico. El mecanismo que cumple con estos requisitos es un tamiz vibratorio, ya que se elimina impurezas eficientemente y logra obtener un producto en buen estado, ya que este mecanismo tiene orificios en los cuales apartan el grano de la vaina permitiéndolo clasificar adecuadamente.

2.6.4 Matriz de evaluación del sistema eléctrico

Tabla 30.

Matriz QFD del sistema eléctrico

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7	8						
			Bajo consumo de energía	Capacidad energía eficiente	Sin generación de corto circuito	Bajo costo	Suministro de potencia requerida	Transformación de la energía	Conexiones en buen estado	Variables eléctricas controladas	Cicoria PLOT 2375	Peladora de maíz	5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B
11,11	7	Que sea de fácil manejo	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	5
15,87	10	Que sea Confiable	0	9	9	1	9	9	9	9	5	5	5	5	5	5
15,87	10	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	0	3	9	9	9	9	9	3	3	3	5	3	3	
15,87	10	Que consuma menor cantidad de energía	9	9	9	1	3	9	9	9	1	3	3	5	5	1
1,59	1	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,94	5	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	3	9	9	1	1	9	3	3	3	3	3	3	3
15,87	10	Que sea Segura para el operario	9	0	9	0	3	9	9	9	5	5	5	1	3	5
15,87	10	Que suministre la suficiente energía a la máquina	9	9	9	0	9	9	9	3	5	5	5	5	5	5
Valor Absoluto			315	315	495	155	335	455	516	366						
Valor Relativo			10,67%	10,67%	16,77%	5,25%	11,35%	15,41%	17,48%	12,40%						
Evaluación			6	2	2	7	5	3	1	4						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Los requisitos evaluados en la tabla 30, permiten identificar que el motor eléctrico cumple con los requisitos evaluados, ya que este permite transformar la energía eléctrica en mecánica y por ende producir el trabajo necesario para separar los granos de la vaina. Para el funcionamiento se deben tener en cuenta las conexiones en buen estado, sin generación de corto circuito, con una capacidad eficiente de energía y suministrar la potencia requerida.

2.6.5 Matriz de evaluación del sistema de control

Tabla 31.

Matriz QFD del sistema de control

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7	8						
			Control de variables	Facil acceso	Indicación de alerta	Conexión en buen estado	Elementos de entrada en buen estado	Bajo consumo de energía	Tiempo de respuesta corto de las señales	Interruptores en buen estado	Ckoria PIOT 2375	Peladora de maíz 5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B	
14,08	10	Que sea de facil manejo	9	9	3	1	3	0	0	9	0	0	0	0	0	5
12,68	9	Que sea Confiable	3	1	9	9	9	3	9	9	0	0	0	0	0	5
12,68	9	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	3	0	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	5
12,68	9	Que consuma menor cantidad de energía	9	0	9	9	9	9	3	9	0	0	0	0	0	5
1,41	1	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7,04	5	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	0	1	9	9	9	9	1	9	0	0	0	0	0	5
14,08	10	Que sea Segura para el operario	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	5
14,08	10	Que indique la alerta a tiempo	9	0	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	5
11,27	8	Que el tiempo de respuesta de las señales sea corto	1	0	9	9	9	3	9	9	0	0	0	0	0	5
Valor Absoluto			422	194	570	550	570	438	446	630						
Valor Relativo			11,05%	5,08%	14,92%	14,40%	14,92%	11,47%	11,68%	16,49%						
Evaluación			6	7	2	3	2	5	4	1						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Con base a la tabla 31 los aspectos más importantes son: interruptores en buen estado, elementos de entrada en buen estado, indicación de alerta, conexiones en buen estado y tiempo de respuesta corto de las señales. El elemento de control que se le pondrá a la máquina será un tablero de botones para un fácil uso, además como será usado en el campo, será más conveniente ya que podrá soportar más tiempo de uso.

2.6.6 Matriz de evaluación del sistema estructural

Tabla 32.

Matriz QFD del sistema estructural

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7	8						
			Diseño ergonómico	Resistencia a cargas	Materiales adecuados	Propiedades mecánicas deseadas	Fuertemente unido a la máquina	Peso adecuado	Bajo costo	Facil instalación	Cikoria PLOT 2375	Peladora de maíz 5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B	
3,28	2	Que sea de fácil manejo	3	0	3	0	3	9	0	9	5	5	5	5	5	5
14,75	9	Que sea Confiable	9	9	9	9	9	9	0	9	5	5	5	3	3	5
14,75	9	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	3	3	9	9	3	9	9	9	3	3	5	5	5	1
1,64	1	Que consuma menor cantidad de energía	0	0	3	3	0	3	1	9	0	0	0	0	0	0
16,39	10	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	9	9	9	9	9	9	3	1	3	5	3	1	3	5
16,39	10	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	9	9	9	9	3	3	1	5	5	5	5	5	5
16,39	10	Que sea Segura para el operario	9	3	9	3	9	9	1	9	5	3	3	3	5	5
16,39	10	Que soporte la carga de los mecanismos	9	9	9	9	9	9	1	3	5	5	5	5	5	5
Valor Absoluto			474	408	531	465	474	483	162	329						
Valor Relativo			14,25%	12,27%	15,97%	13,98%	14,25%	14,52%	4,87%	9,89%						
Evaluación			3	5	1	4	3	2	7	6						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

En la tabla 32, se puede observar que las características de diseño más importantes son: que sea de materiales adecuados, peso adecuado, diseño ergonómico, que sea fuertemente unido y con propiedades mecánicas deseadas. Esto nos lleva a elegir un diseño cuadrado ya que es de más fácil manejo para la instalación de la máquina debido a que es más fácil de hacer las uniones (soldaduras, remaches, tornillos, etc.).

2.6.7 Matriz de evaluación del sistema del almacenamiento

Tabla 33.

Matriz QFD del sistema de almacenamiento

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5							
			Materiales deseados	Alta capacidad de almacenamiento	Bajo costo	Mantener el producto en buenas condiciones	Resistencia a la carga	Ckoria PLOT 2375	Peladora de maíz 5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTPS 18B		
8,93	5	Que sea de fácil manejo	1	3	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0
17,86	10	Que sea Confiable	9	9	3	9	9	1	0	0	0	0	0	0
5,36	3	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	9	1	9	1	3	3	0	0	0	0	0	0
0,00	0	Que consuma menor cantidad de energía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17,86	10	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	3	9	1	9	9	3	0	0	0	0	0	0
14,29	8	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	9	3	1	9	9	5	0	0	0	0	0	0
17,86	10	Que sea Segura para el operario	9	3	0	1	9	3	0	0	0	0	0	0
17,86	10	Que soporte el peso suficiente	9	9	0	9	9	3	0	0	0	0	0	0
Valor Absoluto			404	342	75	360	446							
Valor Relativo			24,83%	21,02%	4,61%	22,13%	27,41%							
Evaluación			2	4	5	3	1							

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Con base a la tabla 33, se identificaron los requisitos más importantes que son: la resistencia a la carga, materiales deseados y mantener el producto en buenas condiciones. La geometría que se usara es de una cajoneta cuadrículada, debido a que va estar sujeta a la máquina y podrá ser sustraída para retirar el producto. Los materiales serán evaluados posteriormente para que no dañen el producto.

2.6.8 Matriz de evaluación del sistema de transmisión

Tabla 34.

Matriz QFD del sistema de transmisión

Peso relativo	Importancia		1	2	3	4	5	6	7	8	9						
			Potencia deseada	Funcionamiento silencioso	Materiales deseados	Diseño sencillo	Torque producido	Velocidad Transmitida	Facil intalación	Relación de transmisión	Optima sincronización	Cicoria PLOT 2375	Peladora de maiz	5T-50	Desgranadora 675	Desgranadora HC-L1	Desgranadora MTP S 18B
13,16	10	Que sea de facil manejo	0	0	3	9	0	0	9	0	3	5	5	5	0	5	5
13,16	10	Que sea Confiable	9	3	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	0	5	5
11,84	9	Que tenga un bajo costo de mantenimiento	3	9	3	9	9	9	9	9	9	3	3	3	0	3	1
10,53	8	Que consuma menor cantidad de energia	9	9	3	9	9	9	1	9	9	5	5	5	0	5	5
1,32	1	Que tenga suficiente capacidad de entrada del producto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,53	8	Que los Materiales sean resistentes a la abrasión y oxidación	3	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	0	3	3
13,16	10	Que sea Segura para el operario	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	3	3	0	3	5
13,16	10	Que tenga una buena relación de transmisión	9	9	3	1	9	9	3	9	9	5	5	5	0	5	5
13,16	10	Que este sincronizado	9	9	3	1	9	9	3	9	9	5	5	5	0	5	5
Valor Absoluto			483	525	393	515	585	585	491	585	615						
Valor Relativo			10,11%	10,99%	8,23%	10,78%	12,25%	12,25%	10,28%	12,25%	12,87%						
Evaluación			6	3	7	4	2	2	5	2	1						

Nota. En esta tabla se evalúan los criterios que se deben tener en cuenta para realizar el diseño del sistema de la máquina.

Con respecto a la tabla 34, los aspectos más relevantes son: óptima sincronización, relación de transmisión, velocidad transmitida, torque producido y funcionamiento silencioso. El mecanismo el cual cumple con estas características es el de polea con correa, ya que este tiene una buena relación de transmisión, posee buen torque y es silencioso.

2.7 Funcionamiento de sistemas de la máquina

Tabla 35

Tabla de funcionamiento de sistemas

SISTEMAS	Funcionamiento
Estructural	Lamina con perfil cuadrulado
Alimentación	Tolva tronco conico
Separación	Rodillos
Selección	Tamiz vibratorio
Eléctrico	Motor electrico
Control	Tablero con botones
Transmisión	Poleas con correas
Almacenamiento	Cajoneta cuadrular

Nota. Se muestra como se hará el funcionamiento de los diferentes sistemas de la máquina.

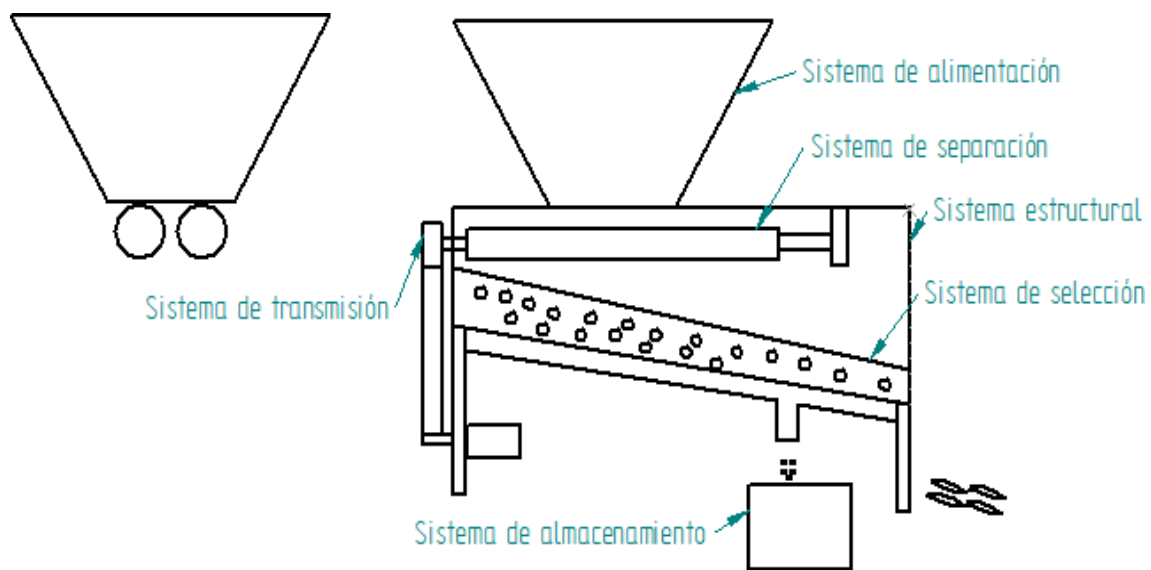
En la tabla 35 se puede concluir que los sistemas tendrán un funcionamiento por medio de un motor eléctrico, que transformara la energía eléctrica a mecánica. Además transferirá energía al sistema de transmisión y al sistema de selección. Por parte del sistema estructural se diseñara con láminas de perfil cuadrulado, igualmente para el sistema de almacenamiento. El sistema de alimentación se diseñara una tolva tronco cónica que permitirá la eficiente dosificación del producto. Para el sistema de separación se va diseñar un sistema de rodillos, que permitan hacer la respectiva separación del grano de la vaina. Por otro lado en el sistema de selección se diseñara un tamiz vibratorio que eliminara las impurezas del grano, obteniendo un producto limpio y en buenas condiciones. En el sistema de control se diseñara un tablero en que estén incluidos los botones que permitan encender y detener la máquina, si se presenta algún inconveniente en el funcionamiento de la máquina. Por parte del sistema de transmisión se diseñaran las poleas y correas para poder transmitir el torque y potencia requerida para un adecuado funcionamiento de la máquina.

3. DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA

Para el diseño de la máquina separadora de granos de garbanzo de la vaina, se van a realizar los cálculos para cada sistema que conforma la máquina y su respectivo diseño detallado. El diseño se realizara en base a las alternativas de máquinas analizadas anteriormente y a la tabla de funcionamiento de sistemas.

Figura 25.

Esquema de la máquina



Nota. Se muestra el esquema de los sistemas de la máquina

3.1 Sistema de alimentación

3.1.1 cálculos del sistema de alimentación

En el sistema de alimentación se diseñara una tolva superior tronco cónica que permitirá dosificar el producto una vez haya ingresado. Se eligió de este tipo ya que se necesita que tenga caída libre y no se necesite de otro elemento para el ingreso del producto

Para el cálculo del volumen de la tolva se realizó el cálculo experimental de la densidad del garbanzo y para la masa se hizo una investigación para saber el peso de un bulbo de garbanzo. [23]

$$1 \text{ bulto} = 50 \text{ kg}$$

La densidad fue calculada experimentalmente donde se tomaron 500g de garbanzo y 0,5 litros de agua, en un vaso medidor. Se introdujeron los garbanzos donde el volumen de agua subió 0,4 litros y se hizo el cálculo de la densidad.

Ecuación 1.

Densidad

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

Donde:

ρ = densidad

m= masa

v= Volumen

Reemplazando los valores en la ecuación 1, la densidad del garbanzo es la siguiente:

$$\rho = \frac{0,5 \text{ kg}}{4 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$\rho_{\text{garbanzo}} = 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Teniendo la densidad del garbanzo se procede a despejar el volumen de la tolva de la ecuación 1.

$$v_{\text{tolva}} = \frac{m_{\text{bulto de garbanzo}}}{\rho_{\text{garbanzo}}}$$

Reemplazando valores se obtiene.

$$v_{\text{tolva}} = \frac{50 \text{ kg}}{1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$v_{\text{tolva}} = 0,04 \text{ m}^3$$

3.1.2 Angulo de inclinación de la tolva

Para el ángulo de inclinación de la tolva se tiene en cuenta el ángulo de reposo del garbanzo el cual se tomó de una fuente suministrando el valor de 39.4° [24], el cual será reemplazado en la ecuación 2: [25]

Ecuación 2.

Angulo de inclinación

$$\beta = \alpha + 15^\circ$$

Donde:

β = Angulo de inclinación

α = Angulo de reposo

Los 15° representan el ángulo de caída de la tolva para que el grano fluya.

Reemplazando el valor de ángulo de reposo en la ecuación 2, se tiene:

$$\beta = 39.4^\circ + 15^\circ$$

$$\beta = 54.4^\circ$$

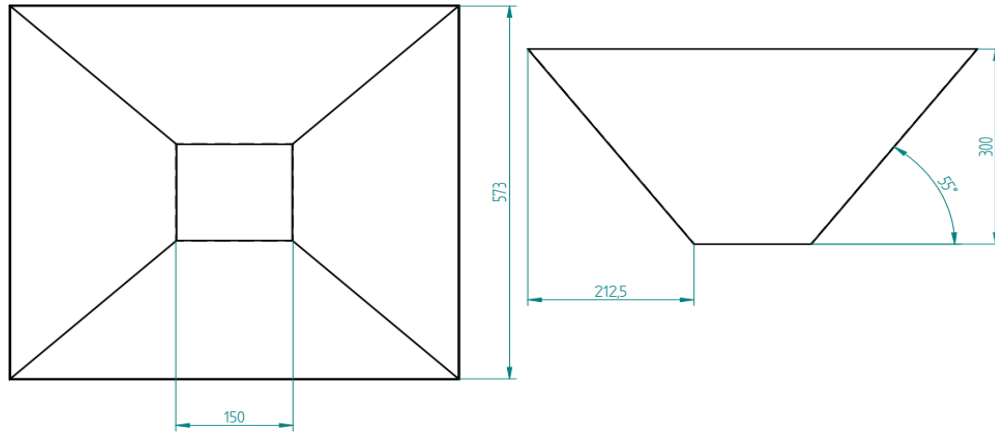
Con este valor obtenido se aproximará a los 54° para tener un valor entero, con el que se tiene en cuenta para el cono de la tolva.

3.1.3 Dimensiones de la tolva

A continuación, se realizará los cálculos para las dimensiones de la tolva de alimentación, en el cual se tuvo como parámetro el volumen hallado anteriormente y el ángulo de inclinación para diseñarla.

Figura 26.

Dimensiones de la tolva de alimentación.

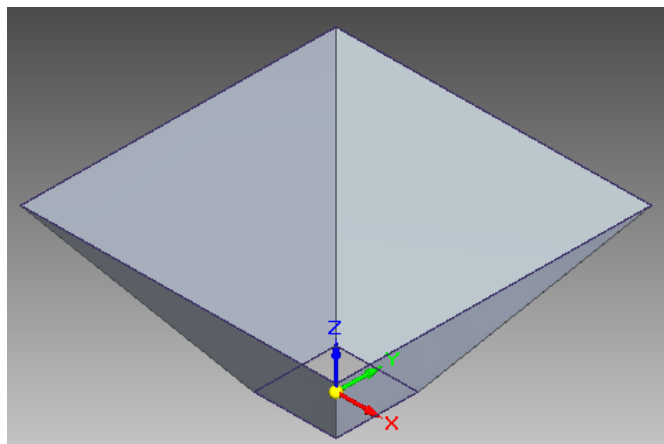


Nota. Plano de la tolva de alimentación, estas dimensiones se elaboraron aproximando al ángulo requerido y al volumen calculado anteriormente.

En la figura 26 se muestra el sólido que representa a la tolva de alimentación, diseñada en el software Solid Edge.

Figura 27.

Tolva-sólido



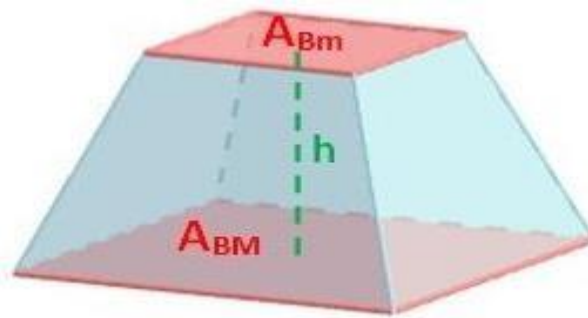
Nota. Sólido isométrico de la tolva de alimentación

3.1.4 Cálculo del volumen real de la tolva

Se realiza el cálculo para hallar el volumen real utilizando la fórmula de pirámide cuadrangular regular [26], para verificar que el volumen hallado anteriormente esté relacionado con las dimensiones establecidas.

Figura 28.

Volumen de un tronco pirámide



Nota. En esta figura se muestran las variables para hallar el volumen de una tolva tronco piramidal. Tomado de: B.R. Sierra. Universo formulas. 2014. Disponible en: <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/volumen-tronco-piramide/>

Ecuación 3.

Volumen real de un tronco pirámide

$$V_{real} = \frac{h}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}})$$

Donde:

V_{real} = Volumen real

h = Altura

A_{BM} = Área de la base mayor

A_{Bm} = Área de la base menor

Reemplazando los valores de las dimensiones calculadas en la ecuación 3, se obtiene:

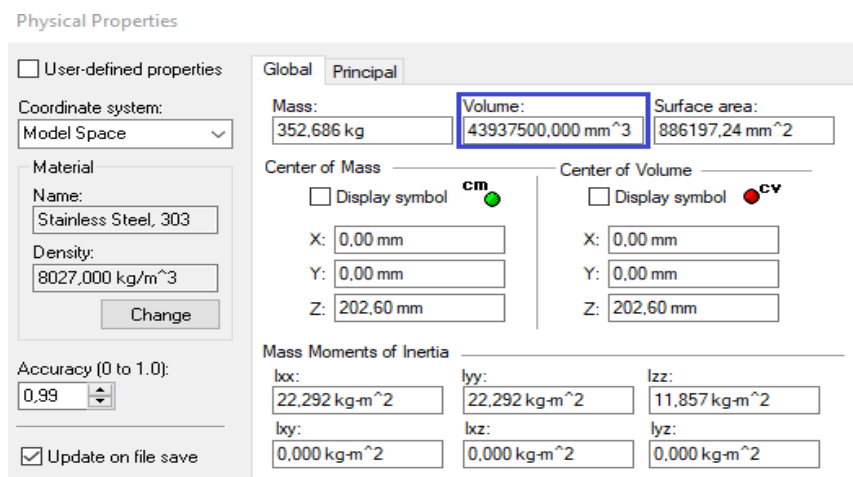
$$V_{real} = \frac{0,3m}{3} ((0,573m * 0,573m) + (0,150m * 0,150m) + \sqrt{((0,573m * 0,573m) * (0,150m * 0,150m))})$$

$$V_{real} = 0,04367m^3$$

Para comprobar que el volumen calculado con la fórmula planteada anteriormente nos da el resultado requerido, se comprobó mediante el software de diseño Solid Edge el cual nos suministra el volumen del solido detalladamente.

Figura 29.

Verificación del volumen en el software Solid Edge



Nota. Se muestra el Volumen en el recuadro azul verificado en el software.

3.1.5 Cálculo del área de contacto del garbanzo – tolva

Para poder hallar el área de contacto del garbanzo con la tolva, se realiza el cálculo mediante la siguiente ecuación [27]:

Ecuación 4.

Área de contacto

$$A_{cgt} = \frac{(B_s + B_i)}{2} * H$$

Donde:

A_{cgt} = Área de contacto del garbanzo con la tolva (m^2)

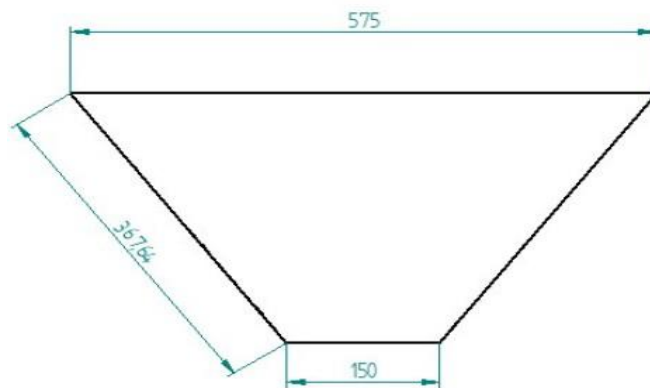
B_s = Base superior de la tolva (m)

B_i = Base inferior de la tolva (m)

H = Altura de la pared inclinada de la tolva (m)

Figura 30.

Dimensiones de la pared para el área de contacto con la tolva



Nota. Plano con dimensiones de la base mayor, base menor y longitud inclinada de la tolva en milímetros.

Reemplazando los valores suministrados por el software Solid Edge en la ecuación 4, se tiene:

$$A_{cgt} = \frac{(0,575m + 0,150m)}{2} * 0,36764m$$

$$A_{cgt} = 0,133m^2$$

3.1.6 Cálculo de la fuerza ejercida sobre la tolva

Con respecto al peso generado por los garbanzos en la tolva de alimentación, estos generan una fuerza en el área de contacto calculada anteriormente. Para calcular esta fuerza se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 5.

Segunda ley de Newton

$$F = m_{bulto} * g$$

Donde:

F = Fuerza ejercida por los garbanzos (N)

m_{bulto} = Masa del bulto de garbanzo (Kg)

g = Gravedad (m/s^2)

Reemplazando valores en la ecuación 5, se tiene:

$$F = 50kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 490,5 N$$

3.1.7 Análisis de carga de la tolva en el software Solid Edge

Se procede a realizar el respectivo análisis de la tolva por elementos finitos en el software Solid Edge, en el que se evalúa si las dimensiones calculadas y el material establecido, soporta la carga de los garbanzos, calculada anteriormente.

Tabla 36.

Datos de enmallado realizados en la tolva para la simulación

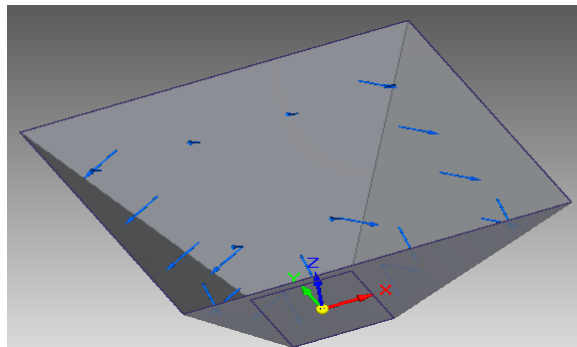
Mesh type	Tetrahedral
Total number of bodies meshed	1
Total number of elements	924
Total number of nodes	1.980
Subjective mesh size (1-10)	3

Nota. Se muestra los datos del tipo de enmallado y variables requeridas

A continuación, se muestra las cargas distribuidas en la tolva para la respectiva simulación.

Figura 31.

Tolva con cargas distribuidas



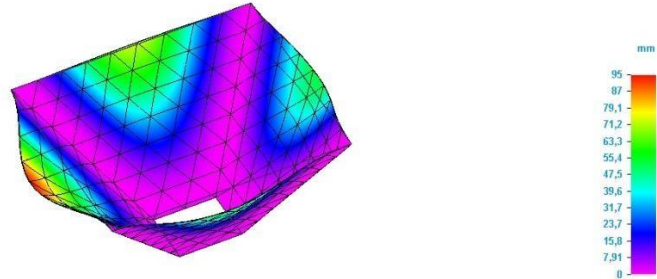
Nota. Se muestran las cargas distribuidas en cada una de las caras de la tolva

3.1.7.a. Desplazamiento de cargas en la tolva: se puede observar en la figura 31 que el máximo desplazamiento de la tolva de alimentación es de 95 mm, dando entender que la carga desplazara mínimamente las caras de la tolva.

Figura 32.

Desplazamiento de cargas en la tolva

Tolva final.por, Static Study 1, Stainless steel
Displacement - Nodal
Contour: Total Translation
Deformation: Total Translation
Date: jueves, 24 de septiembre de 2020 1:35 p. m.



Nota. Se muestra el desplazamiento de la tolva en mm

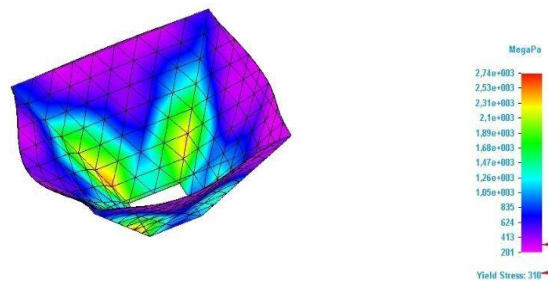
Se puede observar que la tolva no se va a desplazar en las partes unidas, en la única parte donde se va a desplazar es en la parte superior de la pared izquierda, donde alcanza el máximo desplazamiento.

3.1.7.b. Tensión en la tolva: el esfuerzo de Von Mises efectuado en la tolva esta entre un rango de 201 MPa y $2,74 \times 10^3$ MPa, el cual sufre un fallo máximo elástico cuando se rebasa este valor máximo.

Figura 33.

Esfuerzo de Von Mises en la tolva

Tolva final.por, Static Study 1, Stainless steel
Stress - Elemental
Contour: Von Mises Stress
Deformation: Total Translation
Date: jueves, 24 de septiembre de 2020 1:35 p. m.



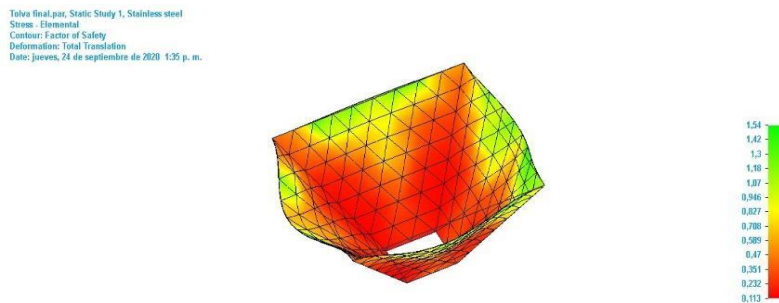
Nota. Se muestran los esfuerzos efectuados en la tolva de alimentación

Como se observa en el estudio de esfuerzos, en la parte inferior específicamente en las esquinas de la tolva es donde se presenta el esfuerzo más grande, mientras que el esfuerzo en el que se encuentran las esquinas superiores es de 310 MPa

3.1.7.c. Factor de Seguridad en la tolva: se puede observar en la siguiente grafica que el factor de seguridad es de 1,54

Figura 34.

Factor de seguridad en la tolva de alimentación



Nota. Se muestra el factor de seguridad de la tolva

El factor de seguridad mínimo que se presenta en la tolva es 0,113, Ya que el estudio se realizó bajo el doble de la carga máxima y además los apoyos se dejaron en la parte inferior y el espesor es de menos de 1 mm.

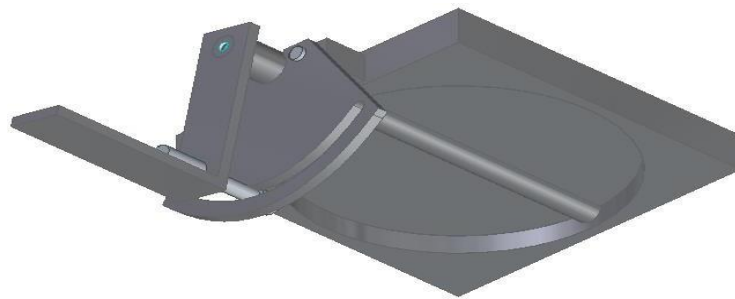
3.1.8 Válvula mariposa

Esta válvula permitirá regular la entrada del producto y será un mecanismo de apertura manual. Para el diseño de esta válvula se tuvo como referencia la base de la tolva, con respecto a este parámetro se elaboro este mecanismo en el software Solid Edge en el que se tomó una área de 150mm x 150mm y la placa circular de 140 mm de diámetro, para que esta pueda estar conectada mediante tornillos a la tolva y a la carcasa de la máquina. El diámetro del eje de la placa circular es de 12 mm, este mismo eje va ranurado en la parte exterior de la placa circular donde se conectara mediante una palanca que permitirá la apertura de este mecanismo, pero para que funcione este mecanismo también se requiere de un puente, en el que se conectara la palanca y el eje, en el que tendrá una curva la cual será el recorrido que hará la palanca para permitir la apertura de

la placa circular de la válvula, en esta misma guía se coloca un tornillo de la cara opuesta del puente y este estará conectado con la palanca por medio de un sujetador roscado para poder unir el mecanismo de la palanca con la guía del puente. A continuación se presenta el ensamble de los elementos mencionados anteriormente.

Figura 35.

Válvula mariposa



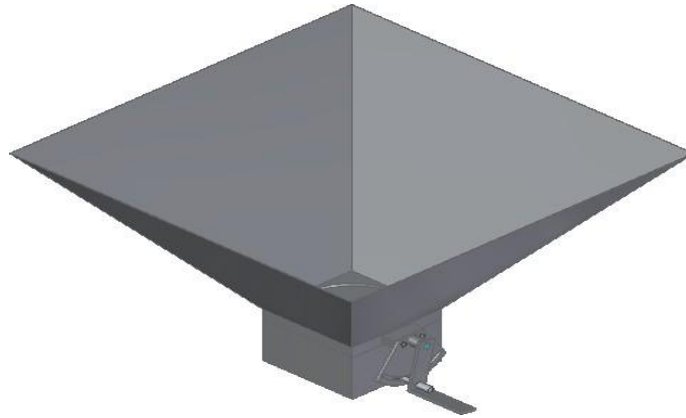
Nota. La placa circular, el eje y la placa rectangular serán de acero inoxidable, mientras que para la palanca, el puente y los tornillos serán de acero.

Para poder brindarle un espaciado adecuado de entre la placa circular y el sistema de separación de diseño un canal con área de 150 mm x 150 mm, también el mismo diámetro de la placa circular, es decir 140 mm y un espesor de 8 cm.

En seguida se muestra el ensamble correspondiente al sistema de alimentación en el que se encuentra la tolva, la válvula mariposa y el canal de entrada del producto.

Figura 36.

Ensamble del sistema de alimentación



Nota. Sistema de alimentación de la máquina.

3.2 Sistema de separación

Adopta rodillos de goma dura, para descascarar la vaina de garbanzo. El principio de descascarado consiste en pasar dos rodillos de goma giratorios en direcciones opuestas a diferente velocidad, la vaina del garbanzo se romperá, luego los granos caerán. [28] Para el sistema de separación se eligieron rodillos de material Neopreno, ya que sus propiedades mecánicas le permiten trabajar como un acero para mecanizarlo y además este es adecuado para separar los granos sin que sufran daños al ser procesados mediante este mecanismo [29].

Figura 37.

Rodillos de Neopreno



Nota. Se muestra el material con el que se van a diseñar los rodillos para el sistema de separación. Tomado de: Comercio internacional Co., Ltd. Disponible en: <http://m.es.rubberrollerfactory.com/rubber-roller/cr-roller/chloroprene-roller-for-floor-polishing.html>

3.2.1 Calculo del diámetro del rodillo

Para el diámetro del rodillo se utilizó la siguiente ecuación: [30]

Ecuación 6.

Esfuerzo cortante máximo

$$r_{max} = \sqrt{\left(\frac{M * r}{2 * I_o}\right)^2 + \left(\frac{T * r}{J_o}\right)^2}$$

Resolviendo la raíz de la ecuación 6, se obtiene.

$$r_{max} = \frac{r}{J_o} * \sqrt{M^2 + T^2}$$

Donde:

r_{max} = Esfuerzo cortante (MPa)

M = Momento (Nm)

J_o = Momento polar de inercia (m⁴)

T = Torque (Nm)

r = Radio (m)

Despejando el momento polar de inercia y el radio, se tiene.

$$\frac{J_o}{r} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}$$

Donde:

r_{adm} = Esfuerzo cortante admisible (MPa)

Para la fórmula de r_{adm} se tiene la siguiente expresión: [30]

Ecuación 7.

Factor de seguridad

$$FS = \frac{r_{fluencia}}{r_{adm}}$$

Donde:

$r_{fluencia}$ = Esfuerzo a fluencia (MPa)

FS = Factor de seguridad

Despejando de la ecuación 7 el esfuerzo admisible, se obtiene.

$$r_{adm} = \frac{r_{fluencia}}{FS}$$

Se encontró por medio de fuentes en línea que el esfuerzo a fluencia del Neopreno es de 4 MPa [29]. Se tomará en cuenta un factor de seguridad de 2, ya que no es un valor muy alto ni muy bajo, con estos datos se procede a reemplazarlos en la anterior formula [30].

$$r_{adm} = \frac{4 \text{ MPa}}{2}$$

$$r_{adm} = 2 \text{ MPa}$$

A continuación, se simuló mediante el software MD Solids 3.5, con una carga puntual que se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 8.

Fuerza de empuje

$$P_1 = \rho_g * V_t * g$$

Donde:

P_1 = Carga puntual (N)

ρ_g = Densidad del garbanzo (Kg/m³)

V_t = Volumen de la tolva (m³)

g = gravedad (m/s²)

$$P_1 = 1250 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.04367 \text{m}^3 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_1 = 535.50 \text{ N}$$

Para el cálculo del momento flector en z se tuvo en cuenta la carga P_1 en la que luego se dividió entre dos ya que son dos rodillos los que se van a diseñar; el resultado fue de 267.75 N para el nuevo valor de P_1 . Por otro lado, con este dato ingresado en el software dio un valor de 33.47 Nm y una fuerza cortante de 133.88 N. Se consideró una longitud de 50 cm para llevar a cabo la simulación, ya que el área de la base inferior de la tolva es 150x150 mm y no se puede sobrepasar demasiado esta área, este resultado se puede observar en la figura 38.

Ecuación 9.

Equilibrio de fuerzas en el eje z

$$\sum F_z = p_1$$

$$p_1 = \left(267,75 \frac{N}{m} * 0,5 m\right)$$

$$F_z = 133,88 N$$

Ecuación 10.

Momento de fuerza en el eje z

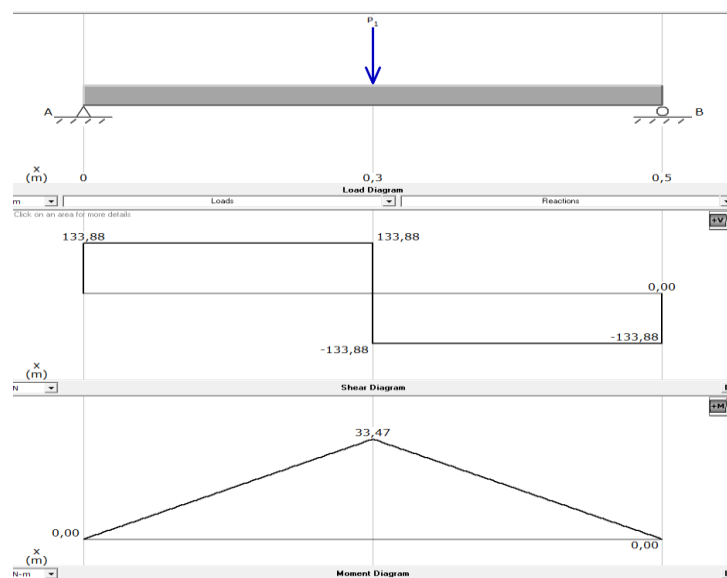
$$\sum M_z = F_z * d$$

$$M_z = 133,88 N * 0,25 m$$

$$M_z = 33,47 Nm$$

Figura 38.

Momento flector del rodillo en Z



Nota. Se muestra la simulación del momento flectory fuerza cortante

Para hallar el momento flector en “Y” se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente, solo que se toma una fuerza ejercida para el producto tomando como referencia la fuerza que produce el rodillo para realizar la separación, la cual es de 14 kN. [31], con respecto a la figura 39 se puede observar que el momento flector en Y es de 1750 Nm y la fuerza cortante es de 7000 N.

Ecuación 11.

Equilibrio de fuerzas en el eje y

$$\sum F_y = p_2$$

$$p_2 = \frac{14000 \text{ N}}{2}$$

$$p_2 = 7000 \text{ N}$$

Ecuación 12.

Momento de fuerza en el eje y

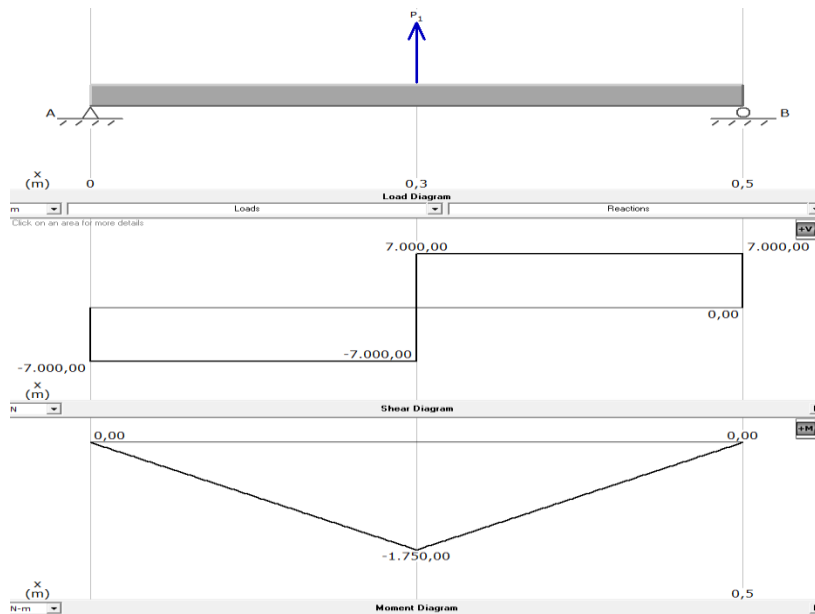
$$\sum M_y = F_y * d$$

$$M_y = 7000 \text{ N} * 0,25 \text{ m}$$

$$M_y = 1750 \text{ Nm}$$

Figura 39.

Momento flector del rodillo en Y



Nota. Se muestra el momento flector en “Y” y la fuerza cortante del rodillo

3.2.1.a. Cálculo y selección del motor: para el cálculo del motor se realizará ingeniería inversa de las alternativas anteriormente mencionadas en el objetivo 1 para poder seleccionar los parámetros y hallar el motor que ofrezca el torque necesario para el diseño de la máquina.

La máquina que se selecciono fue la desgranadora HC-L1 la cual vamos a realizarle este procedimiento.

Potencia del motor: 1.5 kW

La potencia ejercida en los rodillos es de 0,5 kW, ya que la transmisión es de 1 a 3 dando así que la potencia transferida a los rodillos es de una tercera parte

Velocidad del motor: 1500-3000 rpm

Para el uso adecuado de la desgranadora HC-L1 se utiliza un motor con una velocidad de 1500 rpm. Con estos datos se procede a reemplazar en la siguiente ecuación: [30]

Ecuación 13.

Potencia

$$P = T * \omega$$

Donde:

P = Potencia (kW)

T = Torque (Nm)

ω = Velocidad del motor (Rpm)

Despejando el torque de la ecuación 13, se tiene.

$$T_x = \frac{P}{\omega}$$

$$T_x = \frac{500W}{\frac{2\pi * 1500rpm}{60}}$$

$$T_x = 3,183 Nm$$

Con este dato se puede determinar el torque que va a tener la máquina y seleccionar un motor que cumpla con estas características. Con base a este resultado se procede a calcular el radio del rodillo mediante la ecuación 6:

$$\frac{J_o}{r} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}$$

Ecuación 14

Momento polar de inercia

$$J_o = \frac{1}{2} \pi r^4$$

Reemplazando la ecuación 14 en la ecuación 6, se tiene.

$$\frac{\pi r^4}{2r} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}$$

$$\frac{\pi r^3}{2} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}$$

$$r^3 = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}} * \frac{2}{\pi}$$

Despejando r, se obtiene.

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}\right) * \frac{2}{\pi}}$$

Reemplazando los valores calculados anteriormente se tiene.

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\sqrt{(33.47 Nm)^2 + (1750 Nm)^2 + (3,183 Nm)^2}}{2 MPa}\right) * \frac{2}{\pi}}$$

$$r = 0.0823 m$$

El diámetro de los rodillos será de 16,45 cm, aproximando este dato a un diámetro de 17 cm, ya con este parámetro se procede a realizar el diseño de los rodillos con una longitud de 50 cm.

Figura 40.

Rodillo



Nota. Se muestra el rodillo en su material A36 con recubrimiento de Neopreno

Para este rodillo se colocó un tubo ASTM A36, el cual va a estar unido al eje por medio de flanches, también se tuvo en cuenta soldadura tipo SMAW 6013, esto con el fin de soldar el tubo con el flanche.

Ecuación 15.

Torque

$$T = F * d$$

$$F = \frac{T}{d}$$

El torque de la polea del motor es 3,183 Nm, la distancia será el radio de la polea el cual es de 0,077 m, con base en estos datos se remplaza en la anterior ecuación

$$F = \frac{3,183 \text{ Nm}}{0,077 \text{ m}}$$

$$F = 41,34 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que la resistencia a la tensión de la soldadura es de 427 MPa, se procede a calcular el área del rodillo para poder calcular la resistencia a la tensión de este.

Ecuación 16.

Área del eje

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(0,008\text{m})^2$$

$$A = 2,011 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

Con base en esta área, se procede a calcular la resistencia a la tensión.

Ecuación 17.

Resistencia a la tensión

$$S = \frac{F}{A}$$
$$S = \frac{41,34 \text{ N}}{2,011 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$
$$S = 205,57 \text{ KPa}$$

Con este dato podemos concluir que la soldadura resistirá la carga sometida por el rodillo, ya que la resistencia a la tensión de la soldadura es de 427 MPa mientras que la resistencia a la tensión del rodillo fue de 205,57 KPa.

3.2.1.b. Velocidad tangencial del rodillo: para hallar la velocidad tangencial del rodillo se calcula mediante la siguiente expresión [32]

Ecuación 18.

Velocidad tangencial

$$u = \omega * r$$

Donde:

u = Velocidad tangencial (m/s)

ω = Velocidad angular (rad/s)

r = Radio del rodillo (m)

Teniendo en cuenta que el radio de los rodillos es de 0,085 m y la velocidad angular es 157,079 rad/s la cual corresponde a los 1500 rpm que es la velocidad a la que va el motor. Reemplazando estos valores en la ecuación 18 se tiene:

$$u = 157,079 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0,085 \text{ m}$$
$$u = 13,35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esta velocidad es con la que los rodillos van a rotar para generar una fuerza de fricción con la cual permitirá la adecuada separación del garbanzo y la vaina.

3.2.1.c. Distancia entre centros: para este cálculo se tuvo en cuenta el radio de los rodillos y además el diámetro que tiene el garbanzo afuera de la vaina y se utilizó la siguiente formula.

Ecuación 19.

Distancia entre centros

$$D_c = r_1 + r_2 + d_g$$

Donde:

D_c = Distancia entre centros (m)

r_1 = Radio del primer rodillo (m)

r_2 = Radio del segundo rodillo (m)

d_g = Diámetro del garbanzo (m)

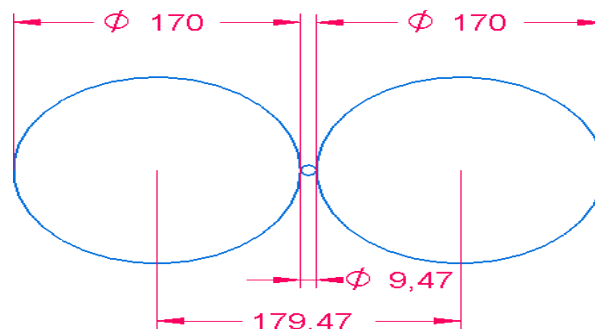
Teniendo en cuenta que el diámetro del garbanzo es de $9,47 \times 10^{-3}$ m (Tabla 2) y el radio de los rodillos es de 0,035m, se procede a reemplazar en la ecuación 19:

$$D_c = 0,085 \text{ m} + 0,085 \text{ m} + 9,47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_c = 0,17947 \text{ m}$$

Figura 41.

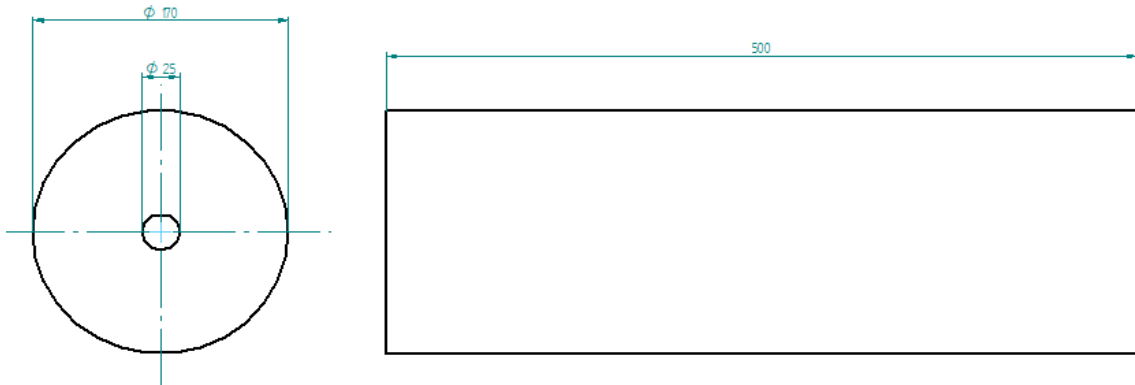
Distancia entre centros de los rodillos



Nota. Se muestra la distancia entre centros de los rodillos, las dimensiones del software están en milímetros.

Figura 42.

Plano del rodillo



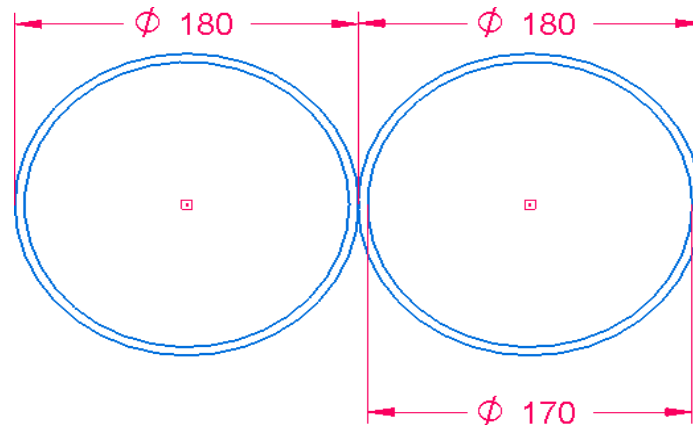
Nota. Plano del rodillo del sistema de separación elabora en el software Solid Edge

3.2.2 Engranajes para los ejes de los rodillos

Para el cálculo de los engranajes se realizó en base a un catálogo consultado en línea de KHK SPUR GEAR [33], la función de los engranajes es invertir la rotación de uno de los rodillos para que estos puedan girar en direcciones opuestas, teniendo como referencia el eje de los rodillos, gráficamente se halló una tangente la cual se encuentra en círculos de diámetro de 180 mm, ya que con esta tangente se puede determinar el diámetro primitivo de los engranajes.

Figura 43.

Grafica de la tangente de los engranajes



Nota. Tangente de los engranajes con diámetro primitivo de 180 mm

En el catálogo esta normalizado a un diámetro exterior de 184 mm, para que estos generen una relación de contacto adecuada y además en el catálogo presenta para este tipo de engranajes un módulo de 4 mm y un número de dientes de 44. Se procede a realizar el cálculo del engranaje con las siguientes formulas. [34]

Ecuación 20.

Diámetro primitivo

$$D_p = M * Z$$

Donde:

D_p =Diámetro primitivo (mm)

M = Modulo (mm)

Z = Número de dientes

$$D_p = 4 \text{ mm} * 44$$

$$D_p = 176 \text{ mm}$$

Ecuación 21.

Diámetro exterior

$$D_e = D_p + 2M$$

Donde:

D_e =Diámetro exterior (mm)

$$D_e = 176 \text{ mm} + (2 * 4 \text{ mm})$$

$$D_e = 184 \text{ mm}$$

Ecuación 22.

Altura del diente

$$H = 2,167 * M$$

Donde:

H = Altura del diente (mm)

$$H = 2,167 * 4 \text{ mm}$$

$$H = 8,668 \text{ mm}$$

Ecuación 23.

Paso.

$$P = \pi * M$$

Donde:

P = Paso (mm)

$$P = \pi * 4 \text{ mm}$$

$$P = 12,56 \text{ mm}$$

Ecuación 24.

Diámetro interior

$$D_i = D_e - 2H$$

Donde:

D_i = Diámetro interior (mm)

$$D_i = 184 \text{ mm} - (2 * 8,668 \text{ mm})$$

$$D_i = 166.664 \text{ mm}$$

Ecuación 25.

Espesor del diente

$$e = c = \frac{P}{2}$$

Donde:

e = Espesor del diente (mm)

c = Espacio entre dientes (mm)

$$e = c = \frac{12,56 \text{ mm}}{2}$$

$$e = c = 6,283 \text{ mm}$$

Ecuación 26.

Altura de la cabeza del diente

$$L = M$$

Donde:

L = Altura de la cabeza del diente (mm)

$$L = 4 \text{ mm}$$

Ecuación 27.

Altura de la cabeza del diente

$$I = 1,167 * M$$

Donde:

I = Altura del pie del diente (mm)

$$I = 1,167 * 4 \text{ mm}$$

$$I = 4,668 \text{ mm}$$

Figura 44.

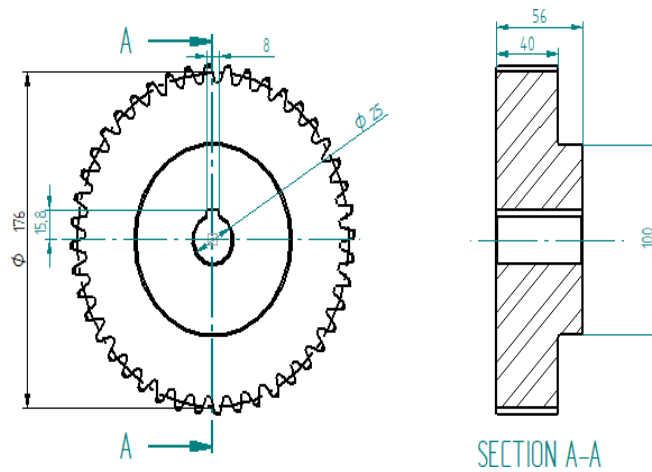
Engranajes para los rodillos.



Nota. Engranaje de dientes rectos para el movimiento de los rodillos

Figura 45.

Plano del engranaje



Nota. Plano del engranaje en vista frontal y encorte por sección

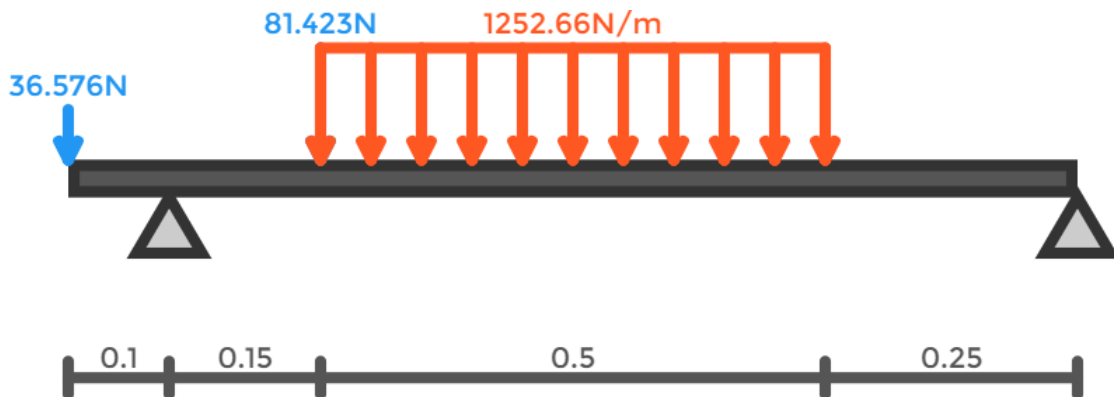
3.2.3 Ejes de los rodillos

Para el eje se tuvo en cuenta el material AISI 1020, ya que generalmente se utiliza para la fabricación de ejes para maquinaria y presenta propiedades adecuadas para operar. [35]

El eje de rotación estará sometido a cargas puntuales ejercidas por elementos que componen el sistema de separación.

Figura 46.

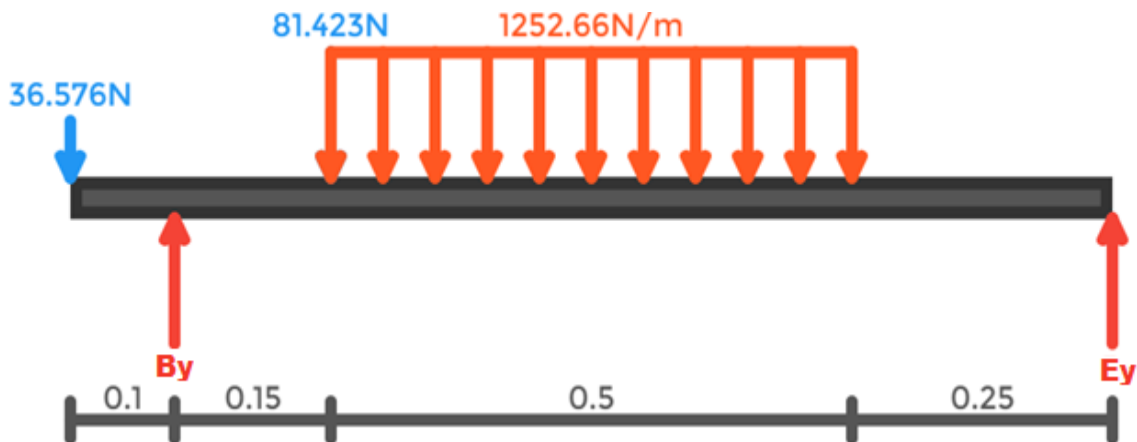
Diagrama de cuerpo libre del eje en Y



Nota. Estudio de cargas por secciones. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

Figura 47.

Diagrama de cuerpo libre en el eje Y con reacciones en los apoyos



Nota. Reacciones en los apoyos de B y E para el eje y. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

A continuación, se utiliza la ecuación 11 para poder hallar el equilibrio de fuerzas en eje y

$$\sum F_y = A_y + B_y + C_y + D_y + E_y = 0$$

$$D_y = 1252.66 \frac{N}{m} * 0,5 m = 626,33 N$$

$$-36,576 N + B_y - 81,423 N - 626,33 N + E_y = 0$$

$$B_y + E_y = 744,329 N$$

Para calcular los momentos de fuerza se utilizó la ecuación 12

$$\sum M_{B_y} = (A_y * 0,1 m) - (C_y * 0,15 m) - (D_y * 0,4 m) + (E_y * 0,9 m) = 0$$

$$(E_y * 0,9 m) = -3,6576 Nm + 12,21345 Nm + 250,532 Nm$$

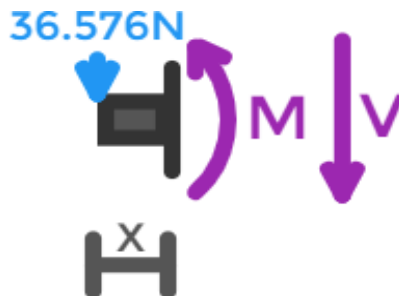
$$E_y = 287,8754 N$$

$$B_y + 287,8754 N = 744,329 N$$

$$B_y = 456,4536 N$$

Figura 48.

Sección 1Y (0 ≤ x ≤ 0,1)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

A continuación, se realiza el cálculo de equilibrio de fuerzas en el eje y mediante la ecuación 11

$$\sum F_{y1} = -36,576 N - V_1 = 0$$

$$V_1 = -36,576 N$$

Enseguida se calcula el momento de fuerza con la ecuación 11

$$\sum M_{y1} = +36,576 X + M_1 = 0$$

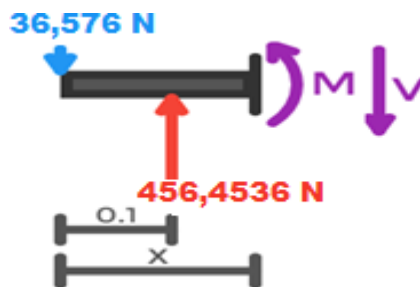
$$M_1 = -36,576X$$

$$M_1 = -36,576 N * 0,1 m$$

$$M_1 = -3,6576 Nm$$

Figura 49.

Sección 2Y ($0,1 \leq x \leq 0,25$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

Para calcular el equilibrio de fuerzas en la sección 2 se utiliza la ecuación 11

$$\sum F_{y2} = -36,576 N + 456,4536 N - V_2 = 0$$

$$V_2 = 419,8776 N$$

A continuación, se procede a realizar el cálculo del momento de fuerza de la sección 2 mediante la ecuación 12

$$\sum M_{y2} = +36,576 X - 456,4536 (X - 0,1) + M_2 = 0$$

$$M_2 = -36,576X + 456,4536X - 45,6454$$

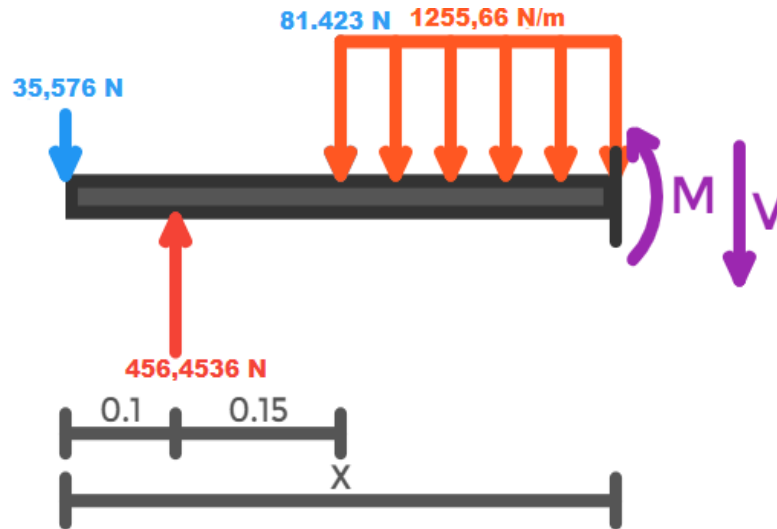
$$M_2 = 419,8776X - 45,6454$$

$$M_2 = (419,8776 \text{ N} * 0,25 \text{ m}) - 45,6454 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 59,324 \text{ Nm}$$

Figura 50.

Sección 3Y (0,25 ≤ x ≤ 0,75)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

Para poder calcular el equilibrio de fuerzas en la sección 3 se utilizó la ecuación 11

$$\sum F_{y3} = -36,576 + 456,4536 - 81,423 - 1252,66 (x - 0,25) - V_3 = 0$$

$$V_3 = -1252,66 x + 651,6196$$

Para hallar el momento de fuerzas de la sección 3 se utilizó la ecuación 12

$$\sum M_{y3} = +36,576 X - 456,4536(X - 0,1) + 81,423(x - 0,25) + \frac{1252,66}{2} (x - 0,25)^2$$

$$+ M_3 = 0$$

$$M_3 = -36,576X + 456,4536X - 45,6454 - 81,423x + 20,3558 - 626,33(x^2 - 0,5x + 0,0625)$$

$$M_3 = -36,576X + 456,4536X - 45,6454 - 81,423x + 20,3558 - 626,33x^2 + 313,165x - 39,1456$$

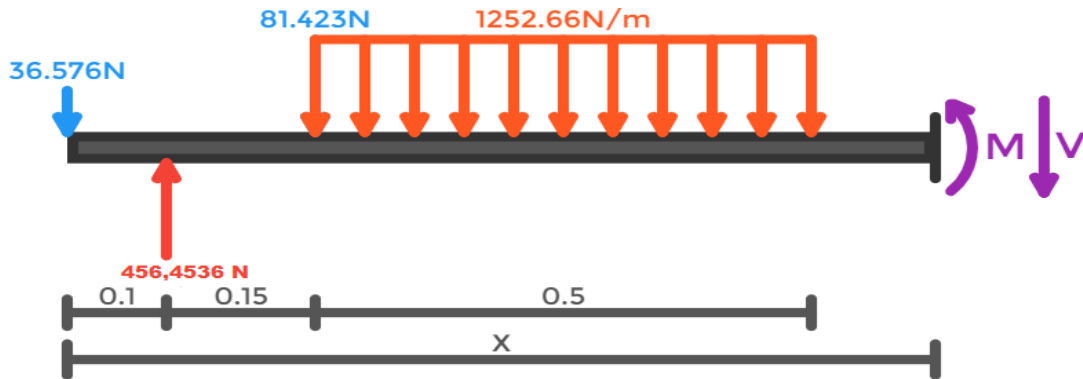
$$M_3 = -626,33x^2 + 651,6196x - 64,4352$$

$$M_3 = -626,33N * (0,75 m)^2 + 651,6196 * 0,75 m - 64,4352 Nm$$

$$M_3 = 71,97 Nm$$

Figura 51.

Sección 4Y ($0,75 \leq x \leq 1$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

A continuación se desarrolla el cálculo del equilibrio de fuerzas en la sección 4 mediante la ecuación 11

$$\sum F_{y4} = -36,576 N + 456,4536 N - 81,423 N - 626,33 N - V_3 = 0$$

$$V_4 = -287,8754 N$$

Enseguida se calcula el momento de fuerza de la sección 4 teniendo en cuenta la ecuación 12

$$\sum M_{y4} = +36,576 X - 456,4536(X - 0,1) + 81,423(x - 0,25) + 626,33(x - 0,5) + M_4 = 0$$

$$M_4 = -36,576X + 456,4536X - 45,6454 - 81,423x + 20,3558 - 626,33x + 313,165$$

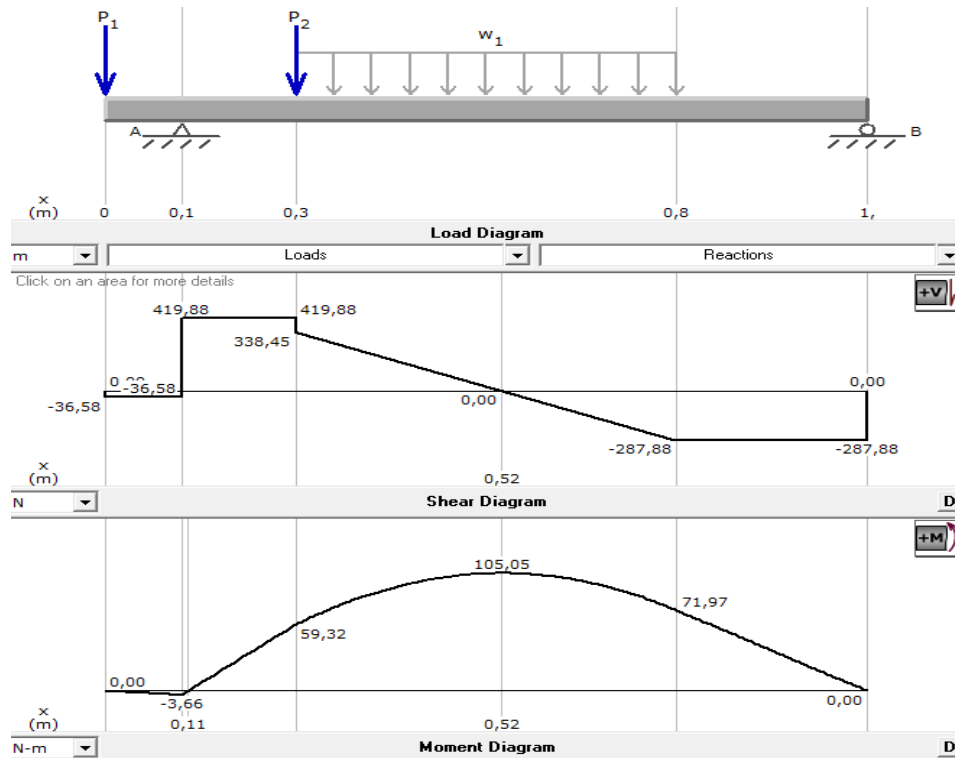
$$M_4 = -287,8754X + 287,8754$$

$$M_4 = -(287,8754 N * 1 m) + 287,8754 Nm$$

$$M_4 = 0$$

Figura 52.

Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del rodillo en el plano Y

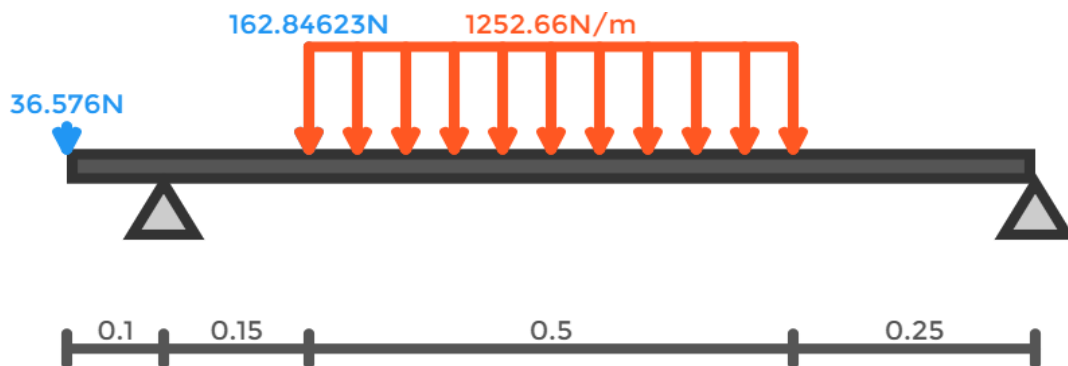


Nota. Estudio de fuerzas realizado mediante el software MD

Solids

Figura 53.

Diagrama de cuerpo libre del eje en Z

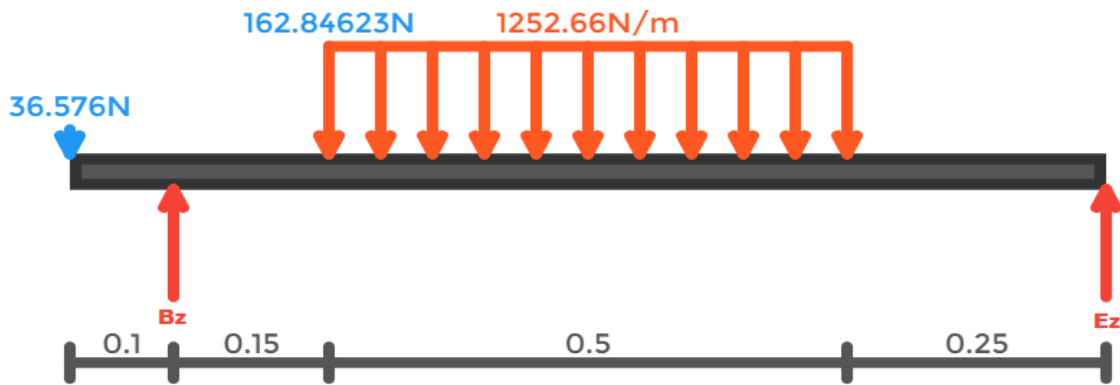


Nota. Estudio de cargas por secciones. Tomado de: VIGA Online.

Disponibleen: <http://www.viga.online/index.php>

Figura 54

Diagrama de cuerpo libre en el eje Z



Nota. Cargas puntuales en eje z para el eje del rodillo. Tomado de: VIGA Online.

Disponibile en: <http://www.viga.online/index.php>

Ahora se realiza el cálculo para el equilibrio de fuerzas mediante la ecuación 9

$$\sum F_z = A_z + B_z + C_z + D_z + E_z = 0$$

$$D_z = 1252.66 \frac{N}{m} * 0,5 m = 626,33 N$$

$$-36,576 N + B_z - 162,84623 N - 626,33 N + E_z = 0$$

$$B_z + E_z = 825,7522$$

En seguida se desarrolla el cálculo para la reacción en el apoyo B_z partiendo de la ecuación 10 para momentos de fuerzas en el eje z

$$\sum M_{BZ} = (A_z * 0,1 m) - (C_z * 0,15 m) - (D_z * 0,4 m) + (E_z * 0,9 m) = 0$$

$$(E_z * 0,9 m) = -3,6576 Nm + 24,427 Nm + 250,532 Nm$$

$$E_z = 301,446 N$$

$$B_z + 301,446 N = 825,7522 N$$

$$B_z = 524,3062 N$$

Figura 55.

Sección 1Z ($0 \leq x \leq 0,1$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

Para el cálculo del equilibrio de fuerzas en la sección 1 del eje z se toma como referencia la ecuación 9

$$\sum F_{z1} = -36,576 N - V_1 = 0$$

$$V_1 = -36,576 N$$

Para poder calcular el momento de fuerzas se debe hacer mediante la ecuación 10

$$\sum M_{z1} = +36,576 X + M_1 = 0$$

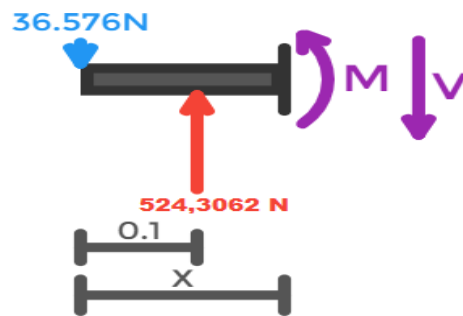
$$M_1 = -36,576 X$$

$$M_1 = -36,576 N * 0,1 m$$

$$M_1 = -3,6576 Nm$$

Figura 56.

Sección 2Z ($0,1 \leq x \leq 0,25$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online.

Disponible en:

<http://www.viga.online/index.php>

A continuación, se realiza el cálculo de equilibrio de fuerzas de la sección 2 con base en la ecuación 9

$$\sum F_{Z2} = -36,576 N + 524,3062 N - V_2 = 0$$

$$V_2 = 487,7302 N$$

Enseguida se desarrolla el cálculo para el momento de fuerzas de la sección 2 mediante la ecuación 10

$$\sum M_{Z2} = +36,576 X - 524,302(X - 0,1) + M_2 = 0$$

$$M_2 = -36,576X + 524,302X - 52,4302$$

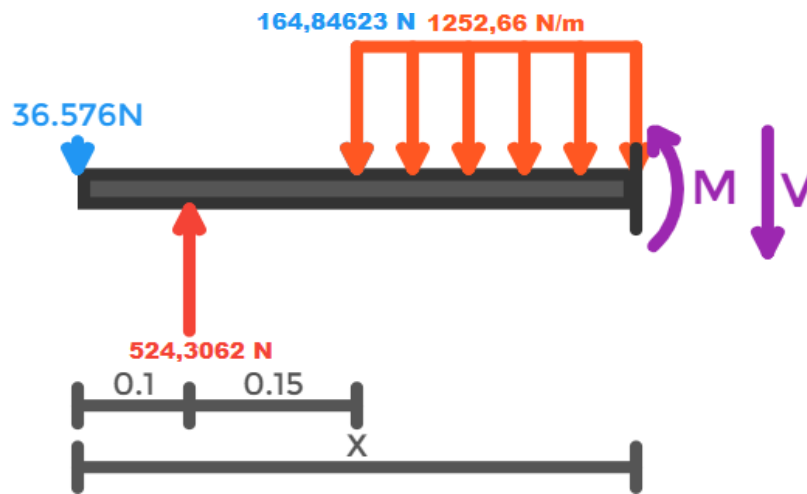
$$M_2 = 487,726X - 52,43021$$

$$M_2 = (487,726 N * 0,25 m) - 52,43021 Nm$$

$$M_2 = 69,50 Nm$$

Figura 57.

Sección 3Z ($0,25 \leq x \leq 0,75$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

Enseguida se realiza el cálculo de equilibrio de fuerzas para la sección 3 mediante la ecuación 9

$$\sum F_{z3} = -36,576 + 524,3062 - 162,84623 - 1252,66(X - 0,25) - V_3 = 0$$

$$V_3 = -1252,66x + 638,049$$

A continuación, se realiza el cálculo para el momento de fuerzas en la sección 3 mediante la ecuación 9

$$\begin{aligned} \sum M_{z3} = & 36,576X - 524,3062(X - 0,1) + 162,84623(X - 0,25) \\ & + \frac{1252,66}{2} (x - 0,25)^2 + M_3 = 0 \end{aligned}$$

$$M_3 = -36,576X + 524,3062X - 52,4306 - 162,84623X + 40,71 - 626,33(x^2 - 0,5x + 0,0625)$$

$$M_3 = -36,576X + 524,3062X - 52,4306 - 162,84623X + 40,71 - 626,33x^2 + 313,165x - 39,1456$$

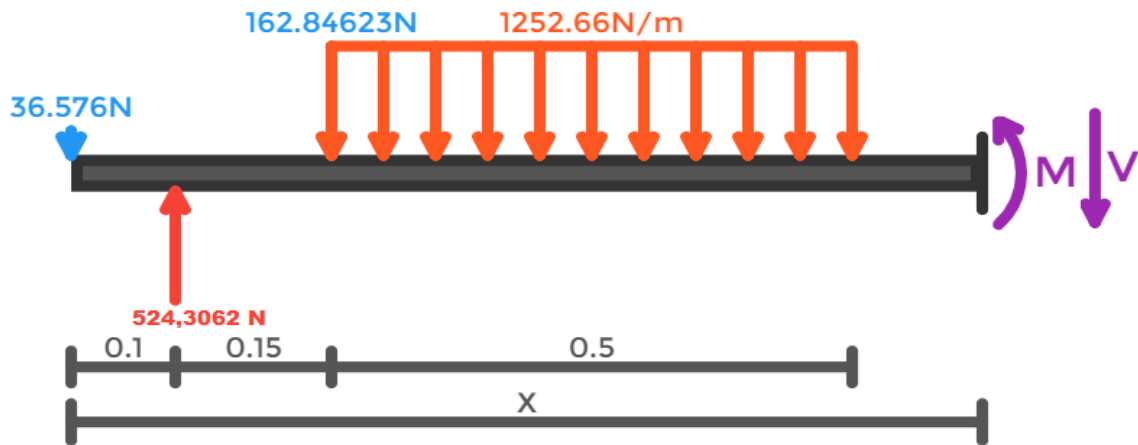
$$M_3 = -626,33x^2 + 638,0490x - 50,8662$$

$$M_3 = -626,33 \text{ N} * (0,75 \text{ m})^2 + (638,0490 \text{ N} * 0,75 \text{ m}) - 50,8662 \text{ Nm}$$

$$M_3 = 75,36$$

Figura 58.

Sección 4Z ($0,75 \leq x \leq 1$)



Nota. Sección para el cálculo de la fuerza cortante y momento flector. Tomado de: VIGA Online. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>

A continuación, se desarrolla el cálculo para el equilibrio de fuerzas de la sección 4 mediante la ecuación 11.

$$\sum F_{Z4} = -36,576 \text{ N} + 524,3062 \text{ N} - 162,84623 \text{ N} - 626,33 \text{ N} - V_4 = 0$$

$$V_4 = -301,4460 \text{ N}$$

Enseguida se realiza el cálculo del momento de fuerzas en la sección 4 teniendo en cuenta la ecuación 10

$$\begin{aligned} \sum M_{Z4} &= 36,576 X - 524,3062 (X - 0,1) + 162,84623(X - 0,25) + 626,33(X - 0,5) + M_4 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$M_4 = -36,576X + 524,3062X - 52,43062 - 162,84623X + 41,7116 - 626,33X + 313,165$$

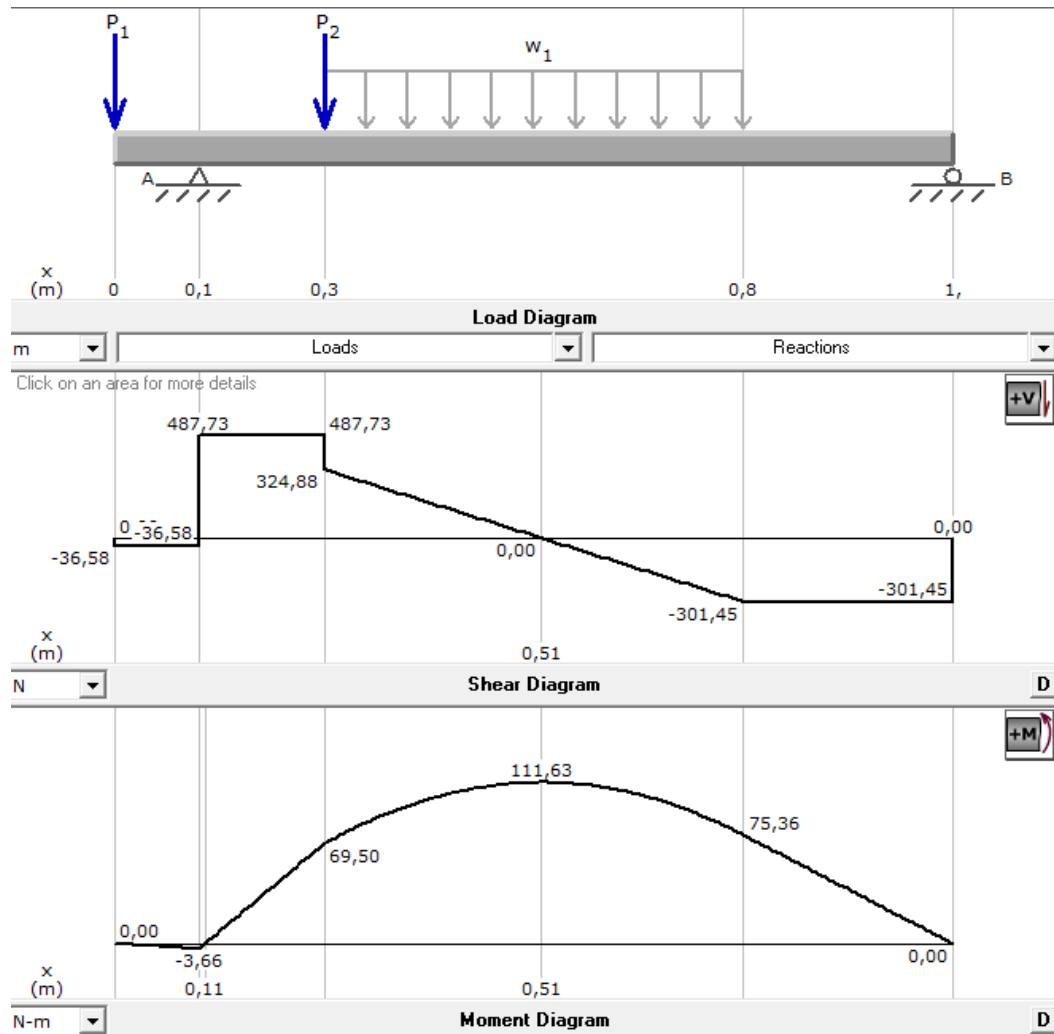
$$M_4 = -301,446x + 301,446$$

$$M_4 = -301,446 \text{ N} * 1 \text{ m} + 301,446 \text{ Nm}$$

$$M_4 = 0$$

Figura 59.

Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del rodillo en el plano Z



Nota. Estudio de fuerzas realizado mediante el software MD Solids

Se procede a calcular el radio del eje del rodillo mediante la ecuación 6 despejando r , teniendo en cuenta los momentos calculados anteriormente y el torque utilizado para el rodillo el cual es de 3,183 Nm.

$$r = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T_x^2}}{r_{adm}}} * \frac{2}{\pi}$$

El material con el que se va a diseñar es de un acero SAE 1020 el cual cuenta con un esfuerzo a fluencia de 370 MPa y se procede a calcular el esfuerzo admisible mediante la ecuación 7.

$$r_{adm} = \frac{r_{fluencia}}{FS}$$

$$r_{adm} = \frac{370 \text{ MPa}}{2}$$

$$r_{adm} = 185 \text{ MPa}$$

A continuación, se procede a reemplazar los valores conocidos

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\sqrt{(105,05 \text{ Nm})^2 + (111,63 \text{ Nm})^2 + (3,183 \text{ Nm})^2}}{185 \text{ MPa}}\right)^2} * \frac{2}{\pi}$$

$$r = 0,008044 \text{ m}$$

El valor del radio fue de 8,0804 mm, dando como diámetro para el eje de 16,1608 mm, se normalizará este valor a 16 mm y se calculara un nuevo factor de seguridad, despejando de la ecuación 6 el esfuerzo cortante admisible

$$0,008 \text{ m} = \sqrt[3]{\left(\frac{\sqrt{(105,05 \text{ Nm})^2 + (111,63 \text{ Nm})^2 + (3,183 \text{ Nm})^2}}{r_{adm}}\right)^2} * \frac{2}{\pi}$$

$$r_{adm} = \frac{\sqrt{(105,05 \text{ Nm})^2 + (111,63 \text{ Nm})^2 + (3,183 \text{ Nm})^2}}{(0,008 \text{ m})^3} * \frac{2}{\pi}$$

$$r_{adm} = 190,63 \text{ MPa}$$

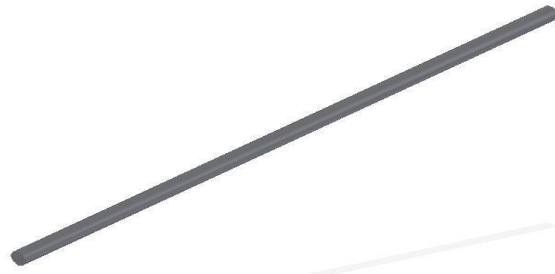
$$FS = \frac{r_{fluencia}}{r_{adm}}$$

$$FS = \frac{370 \text{ MPa}}{190,63 \text{ MPa}}$$

$$FS = 1,94$$

Figura 60.

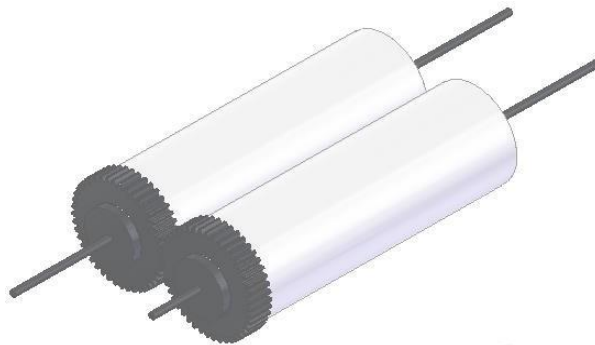
Eje de rotación del rodillo



Nota. Eje del rodillo acoplado a la polea

Figura 61.

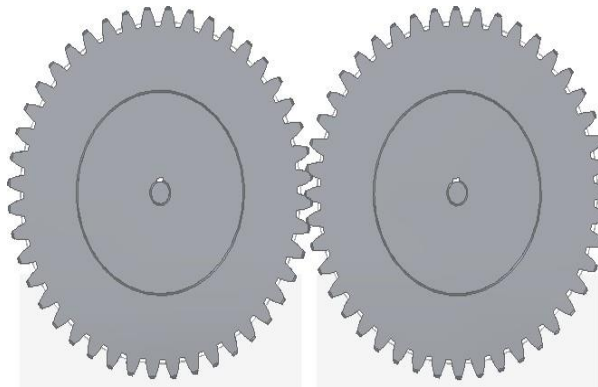
Solido del sistema de separación



Nota. Ensamble del sistema de separación elaborado en el software Solid Edge

Figura 62

Vista frontal del sistema de separación



Nota. Vista frontal de los engranajes del sistema de separación

3.3 Sistema de selección

Para el sistema de selección, se eligió un tamiz, el cual va estar vibrando para seleccionar los granos y dejarlos caer a un recipiente sin la vaina y a su vez la vaina se acumulará en otra sección de la máquina, en la cual se especificará más adelante.

3.3.1 Angulo de inclinación del tamiz

El tamiz para la máquina tendrá un ángulo de inclinación, el cual permitirá que lo granos y la vaina ya separados se deslicen, permitiendo una adecuada selección y no se estanquen en un solo lugar.

Se encontró que los ángulos altos de malla de tamiz con respecto a la horizontal, aumentan la velocidad de deslizamiento de las partículas, pero, reducen el área efectiva de tamizado, causando así que la producción disminuya debido a los desechos del producto a tamizar. En un rango de inclinación entre 15° y 20° , las partículas con tamaño promedio de 2 a 3 mm se separan bastante bien a la medida inferior, aunque no muy bien las partículas de tamaño inferior con la misma inclinación. [36]

Generalmente para tamizados medios y gruesos se emplean tamices inclinados, teniendo la inclinación normal de 20° , aunque en algunos casos dicha inclinación, se puede ajustar disminuyendo para los cortes finos o aumentar para los cortes más gruesos. [37]

3.3.2 Cálculo de superficie necesaria del tamiz

3.3.2.a. Longitud: para la longitud se calculara utilizando la resolución de triángulos, utilizando el ángulo de inclinación de 20° y la longitud de los rodillos, teniendo en cuenta que se le va a sumar 10 cm para la salida del residuo que en este caso son las vainas del garbanzo. La ecuación es la siguiente:

Ecuación 28.

Resolución de triángulos

$$\frac{a}{\text{sen } A} = \frac{b}{\text{sen } B} = \frac{c}{\text{sen } C}$$

Donde:

a = Longitud de los rodillos y salida del residuo (m)

b = Altura de inclinación del tamiz (m)

c = Longitud del tamiz (m)

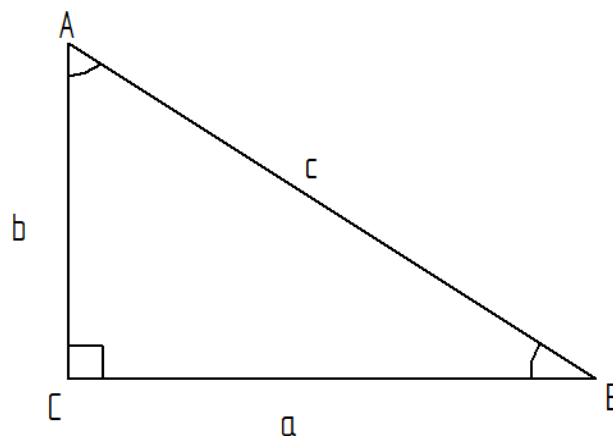
A = Angulo opuesto de a ($^{\circ}$)

B = Angulo de inclinación ($^{\circ}$)

C = Angulo opuesto de c ($^{\circ}$)

Figura 63.

Triangulo rectángulo para el cálculo del tamiz



Nota. Se muestra el triángulo rectángulo para determinar la longitud del tamiz mediante la resolución de triángulos.

Del triángulo se conocen los siguientes datos:

$a = 0,6$ m

$B = 20^{\circ}$

$C = 90^{\circ}$

Para conocer al ángulo A se tiene en cuenta que la suma de los ángulos del triángulo debe dar 180°

Ecuación 29

Suma de ángulos de un triángulo rectángulo

$$A + B + C = 180^{\circ}$$

$$A + 20^{\circ} + 90^{\circ} = 180^{\circ}$$

$$A = 70^{\circ}$$

Conociendo el ángulo A se procede a reemplazar en la ecuación 25 de la resolución de triángulos

$$\frac{0,6 \text{ m}}{\sin 70^\circ} = \frac{b}{\sin 20^\circ}$$
$$b = 0,218 \text{ m}$$

Teniendo el valor de b se realiza el cálculo mediante la ecuación 25 para hallar la distancia de c de la siguiente manera.

$$\frac{0,218 \text{ m}}{\sin 20^\circ} = \frac{c}{\sin 90^\circ}$$
$$c = 0,637 \text{ m}$$

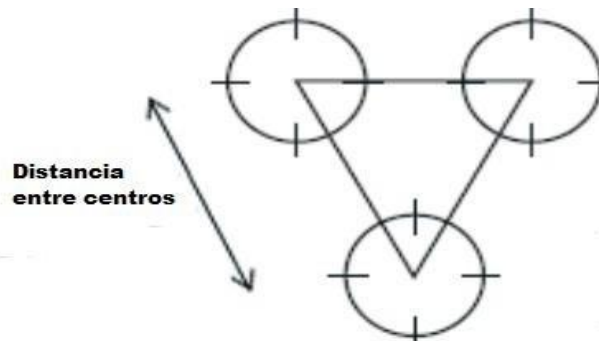
El tamiz va a tener una longitud de 63,7 cm, aproximándolo a 64 cm

3.3.2.b. Ancho: el ancho se va a tener en cuenta con respecto al diámetro de los rodillos, dando así un ancho de 34,947 cm aproximándolo a 35 cm

- Perforación del tamiz: para la lámina del tamiz se tiene en cuenta la configuración de las perforaciones en triángulo, ya que se procesa de manera más eficiente la selección del garbanzo y debilita menos la sección de la lámina.

Figura 64.

Configuración de la perforación del tamiz



Nota. Se muestra la configuración triangular para las perforaciones del tamiz. Tomado de: Union ferretera. Disponible en: <https://www.unionferretera.com/materiales-construccion-online/cierres-metalicos-fincas-industriales/chapa-perforada-con-perforaciones-cuadradas-1.html>

Con base al diámetro del garbanzo se buscó mediante fuentes la distancia entre centro que debe tener la configuración triangular [38]

Tabla 37.
Distancia entre centros de las perforaciones

Diámetro del redondel	Distancia entre centros
3 mm.	5 mm.
5 mm.	8 mm.
6 mm.	9 mm.
7 mm.	10 mm.
8 mm.	11 mm.
10 mm.	14 mm.
8 mm.	11 mm.
10 mm.	14 mm.
10 mm.	14 mm.

Nota. Se muestra la distancia entre centros de 14 mm para un diámetro de 10 mm de las perforaciones. Tomado de: Union ferretera. Disponible en: <https://www.unionferretera.com/materiales-construccion-online/cierres-metalicos-fincas-industriales/chapa-perforada-con-perforaciones-cuadradas-1.html>

3.3.2.c. Grosor: para el cálculo del grosor del tamiz se tuvo en cuenta el peso específico del material que en este caso es un acero inoxidable 304, el cual se calcula de la siguiente manera: [30]

Ecuación 30

Factor de concentración de esfuerzos

$$k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{prom}}$$

Donde:

k = Factor de concentración de esfuerzos

σ_{max} = Esfuerzo máximo (MPa)

σ_{prom} = Esfuerzo promedio (MPa)

Para obtener el valor del factor de concentración primero se halla el valor del esfuerzo promedio por medio de la siguiente ecuación: [30]

Ecuación 31

Esfuerzo promedio

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{td}$$

Donde:

P = Carga (N)

t = Espesor de placa (mm)

d = Distancia entre agujeros (mm)

Se procede a reemplazar la ecuación 31 en la ecuación 30 y se obtiene:

$$k = \frac{\sigma_{max}}{P/td}$$

Despejando el espesor se tiene:

$$t = \frac{P * k}{\sigma_{max} * d}$$

Conociendo que se va a utilizar un acero inoxidable AISI 304 de alta resistencia se procede a encontrar el valor del esfuerzo máximo

Tabla 38.

Esfuerzo último del Acero inoxidable AISI 304

Inox 304 Propiedades Mecánicas						
Acero	Resistencia a la tracción (MPa) ≥	Esfuerzo de fluencia (MPa) ≥	Elongación en 50 mm (%) ≥	Reducción de área (%)	Dureza (HBW) ≤	Condiciones
304	585	235	60	70	149	Barra recocida
	690	415	45		212	Recocido y estirado en frío
	860	655	25		275	Estirado en frío de alta resistencia

Nota. Se muestra el esfuerzo último para el acero AISI 304 que corresponde a 415 MPa Tomado de: <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>

A continuación, se debe hallar la relación r/d en donde r es el radio de la perforación y d la distancia entre agujeros. Teniendo en cuenta que “ r ” tiene un valor de 5 mm y “ d ” un valor de 4 mm y considerando que son 2 lados que rodean el agujero, esto nos da un resultado de 8 mm para el valor de “ d ”, reemplazando en la ecuación se obtiene

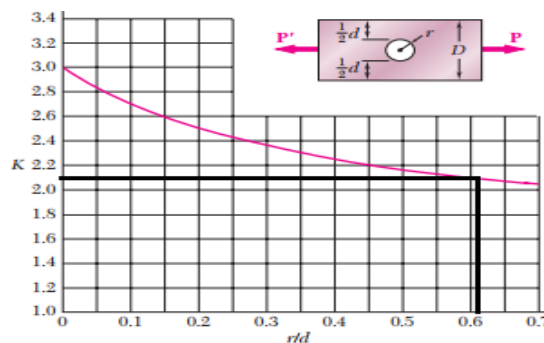
$$\frac{r}{d} = \frac{5}{8}$$

$$\frac{r}{d} = 0,625$$

Con base a la relación calculada anteriormente, se utiliza la gráfica del factor de concentración de esfuerzos representada en la figura 65.

Figura 65.

Grafica del factor de concentración de esfuerzos



Nota. Se muestra el factor de concentración de esfuerzos con un valor de 2,125. Tomado de: Mecánica de materiales de Beer & Jhonston.

Para el análisis del cálculo del espesor se va a tener en cuenta la carga de 535,50 N, ya que es la carga que soporta la tolva, con los datos hallados anteriormente se procede a reemplazarlos en la siguiente ecuación teniendo en cuenta que se debe despejar el espesor una vez reemplazado la ecuación 31 en la ecuación 30:

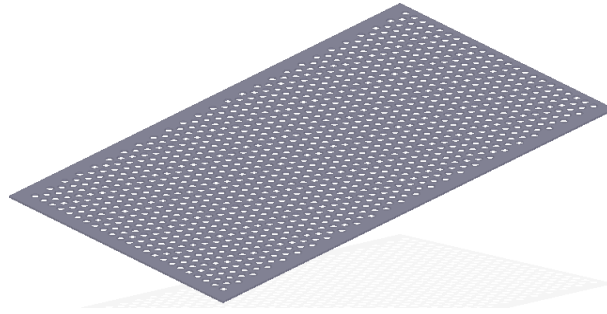
$$t = \frac{535,50 \text{ N} * 2,125}{415 \text{ MPa} * 4 \text{ mm}}$$

$$t = 0,6855 \text{ mm}$$

El espesor del tamiz será de 0,6855 mm, dando así que se normalizara a 0,635 mm, con un calibre 24.

Figura 66.

Placa del tamiz



Nota. Se muestra el sólido de la placa del tamiz de largo 0,637 m, ancho 0,35 m y de calibre 26.

3.3.3 Análisis de carga del tamiz en el software Solid Edge

Se procede a evaluar la carga a la que va a ser sometida el tamiz por elementos finitos mediante el software Solid Edge, aplicando una carga distribuida de 535,50 N

Tabla 39.

Datos de enmallado para la simulación del tamiz

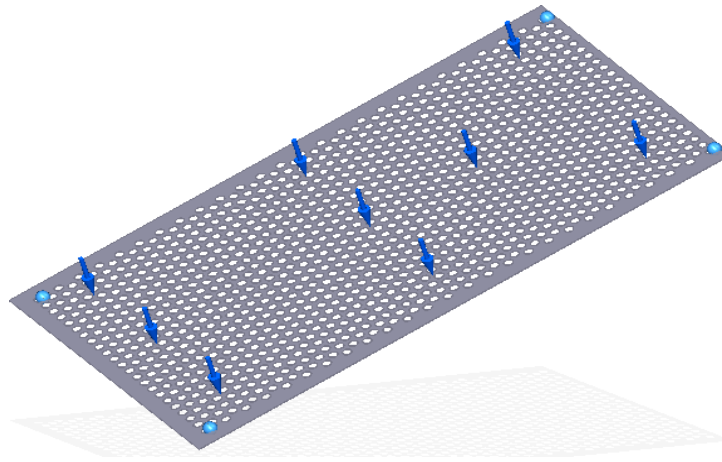
Mesh type	Tetrahedral
Total number of bodies meshed	1
Total number of elements	244.464
Total number of nodes	541.650
Subjective mesh size (1-10)	3

Nota. Se muestran los datos específicos para realizar el proceso de enmallado

A continuación, se muestra la carga distribuida en el tamiz

Figura 67.

Cargas distribuidas en el tamiz

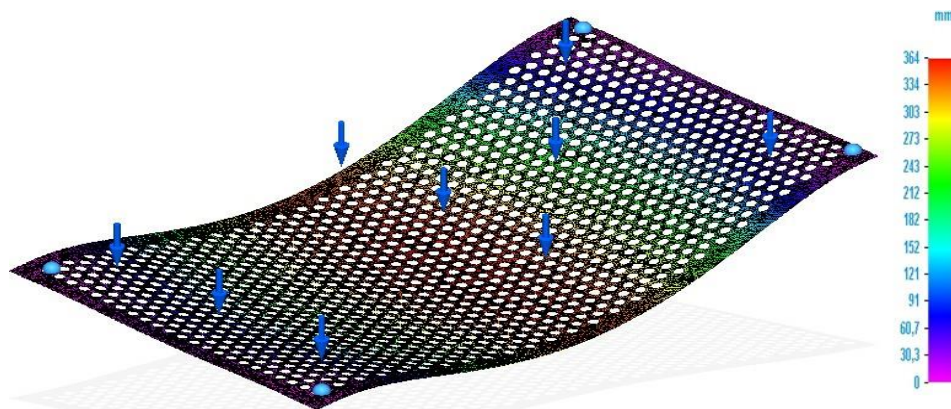


Nota. Se muestran las fuerzas aplicadas a la placa del tamiz

3.3.3.a. Desplazamiento del tamiz: se puede ver claramente que en la figura 68, el máximo desplazamiento, que tiene el tamiz es de 364 mm con la carga máxima.

Figura 68.

Desplazamiento de cargas en el tamiz



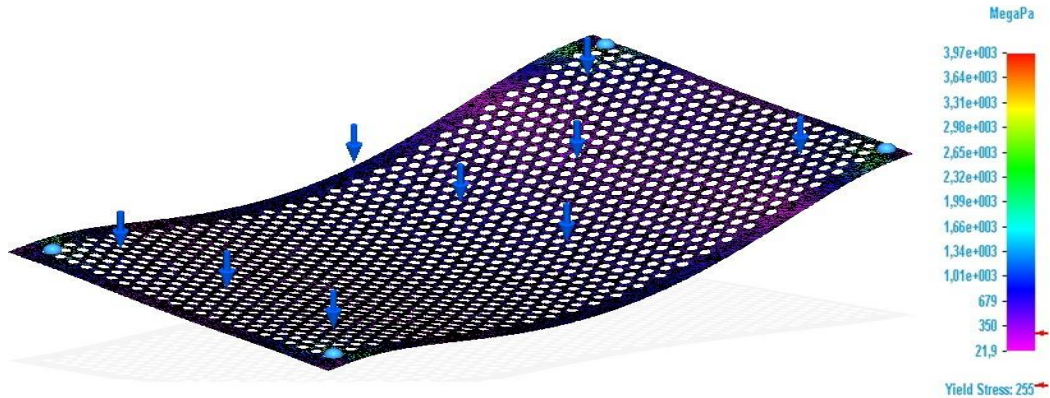
Nota. Se muestra el análisis de desplazamiento de las cargas del tamiz

El máximo desplazamiento que se puede observar es de 364 mm con una carga máxima de 535,50 N, dado que no va a recibir toda la carga máxima en todo el tamiz y además no caerá instantáneamente, la carga va a caer de a pequeña cantidades dependiendo del sistema de separación.

3.3.3.b. Tensión en el tamiz: a continuación se puede observar que el esfuerzo máximo de Von Mises efectuado en el tamiz fue de $3,97 \times 10^3$ MPa, pero el esfuerzo que representa la placa es de 255 MPa

Figura 69

Esfuerzo de Von Mises del tamiz



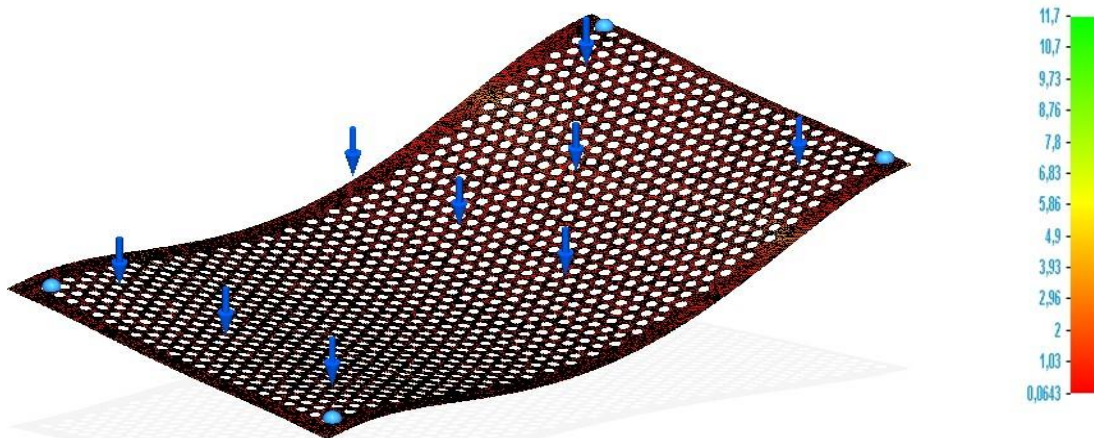
Nota. Se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises en el tamiz

Se puede observar que el esfuerzo aplicado en la placa tiene un valor de 255 MPa con la carga máxima de 535,50 N, gracias a esto se puede verificar que el material es apto para realizar la selección del grano

3.3.3.c. Factor de seguridad del tamiz: en la figura 70 se puede observar que el factor de seguridad máximo es de 11,7, aproximadamente el factor de seguridad de la placa es de 1,5

Figura 70.

Factor de seguridad para el tamiz



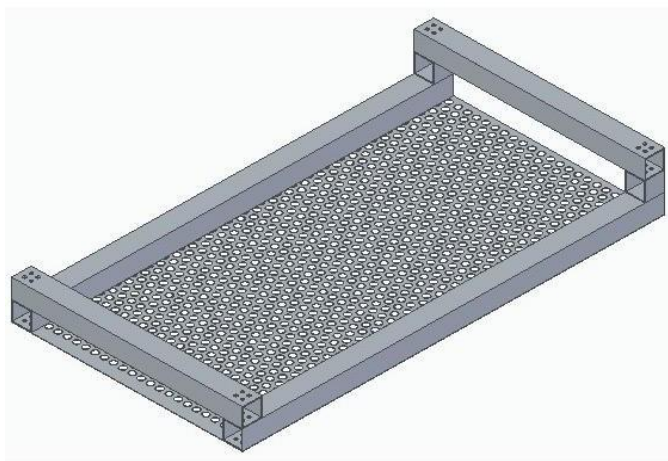
Nota. Se muestra el factor correspondiente a la placa del tamiz

Se observa que el factor de seguridad se encuentra entre 1,03 a 2, con esto podemos verificar que es un material que puede soportar la carga máxima suministrada.

Teniendo en cuenta las dimensiones del tamiz, se diseñara un marco que cumplirá con la función de limitar el área de tamizado y no dejar salir los granos, ni la vaina hacia ningún lado.

Figura 71.

Marco del tamiz



Nota. Se muestra el marco del tamiz diseñado en el software Solid Edge

3.3.4 Mecanismo para vibración del tamiz

Para poder seleccionar adecuadamente, se diseñara un mecanismo para generar vibración para que el residuo no se estanque, no tape las perforaciones y permita un flujo adecuado de los granos. Para esto se investigó un mecanismo el cual consiste de un eje con un contrapeso sujetado a un par de horquillas con rodamientos, que también están unidos a una polea a la que le transmitirán un torque y una velocidad de rotación por medio de un motor, así generando y transmitiendo energía a una placa, la cual en su parte superior tendrá unos resortes que irán unidos a los extremos del tamiz y permitirán que tanto el tamiz como la placa vibren.

Figura 72.

Mecanismo para la vibración del tamiz



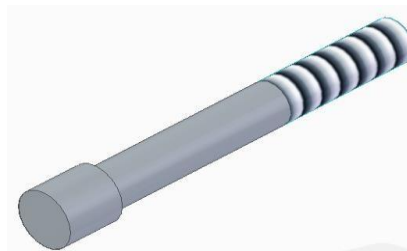
Nota. Se muestra el mecanismo para realizar la vibración del tamiz. Tomado de: peChoO. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=oe2u4otDsFM&ab_channel=peChoO

Generalmente para estos sistemas se utiliza un motor de 0,5 kW con 3000 rpm para cumplir con las necesidades del proceso de selección (Tamizado). [39]

3.3.4.a. Polea con contrapeso: este consistirá en una polea la cual tendrá una manzana de una longitud de 10,8 mm y en esta ira un agujero el cual será de 6 mm para poder introducir el contrapeso, que para este caso se trata de una un tornillo de 54 mm de longitud, un cabezal de 8 mm de diámetro y 8 milímetros de ancho, este tornillo tendrá una rosca M6 con una longitud de 19 mm. Este mecanismo estará conectado mediante una correa al motor para poder girar el eje y producir la vibración adecuada del tamiz. [40]

Figura 73.

Tornillo de contrapeso



Nota. Tornillo diseñado en el software Solid Edge

3.3.4.b. eje del mecanismo de vibración: para este eje se tuvo en cuenta la resistencia de límite de fatiga, ya que esta pieza estará sometida a vibración y por lo tanto se va a calcular esta resistencia. En cuanto al material de este eje es el AISI 1020, con un diámetro de 16 mm, este diámetro par ejes se normalizo con respecto al eje del rodillo, por lo que se utilizara este mismo diámetro para llevar a cabo el respectivo cálculo. Para este cálculo se utilizara la ecuación de Marín, tomada del libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [41] para calcular el límite de resistencia a la fatiga, la cual se representa en la ecuación 32

Ecuación 32

Límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e$$

Donde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga (Ksi)

k_a = Factor de modificación de condición superficial

k_b = Factor de modificación de tamaño

k_c = Factor de modificación de carga

k_d = Factor de modificación de la temperatura

k_e = Factor de confiabilidad

S'_e = Muestra de resistencia a la fatiga (Ksi)

El primero paso es calcular el factor de modificación de condición superficial, el cual primero se debe considerar el material, el material es el AISI 1020 y este es estirado en frio para un esfuerzo último más elevado.

Tabla 40.

Resistencia ultima de aceros

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Nota. Como se puede observar la resistencia última para el AISI 1020 es de 68 Ksi. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley

Teniendo como referencia este valor se procede a calcular el factor de modificación de condición superficial mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 33.

Factor de condición superficial

$$k_a = aS_{ut}^b$$

Donde:

S_{ut} = Resistencia última (Ksi)

a = Factor de acabado superficial

Para el valor de resistencia última se tiene el valor previamente mencionado el cual es de 68 Ksi, en cuanto al factor de acabado superficial y el valor del exponente se encuentran en la siguiente figura.

Tabla 41.

Acabado superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Nota. El acabado superficial será maquinado, para el cual el valor del factor del acabado superficial es de 2,70 y el del exponente es de -0,265. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

Teniendo en cuenta los valores hallados, se procede a reemplazar en la ecuación 33 y calcular el factor de condición superficial.

$$k_a = 2,70 * (68^{-0,265})$$
$$k_a = 0,8826$$

Ahora el siguiente paso es calcular el factor de modificación de tamaño, en este cálculo primero se debe tener en cuenta el diámetro del eje, el cual es de 12 mm o 0,47 pulgadas, este no rotara debido a que estará con una polea en el cual esta será la única que girara en este eje, por lo tanto se deberá calcular el diámetro equivalente, ya que se trata de una pieza no rotativa, el diámetro equivalente se calcula mediante la siguiente ecuación

Ecuación 34.

Diámetro equivalente

$$d_e = 0,37d$$

Donde:

d = Diámetro del eje de vibración (in)

Teniendo en cuenta el diámetro se procede a calcular el diámetro equivalente

$$d_e = 0,37 * 0,47 \text{ in}$$
$$d_e = 0,17 \text{ in}$$

Ahora teniendo este valor se debe tener en cuenta algunos criterios para calcular el factor de tamaño.

Figura 74.

Criterios del factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Nota. Dado que el valor del diámetro calculado anteriormente es de 0,17 in, la fórmula con la que se calcula el factor de modificación de tamaño es la que se encuentra en el recuadro rojo. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

Entonces la fórmula que se utilizara queda de la siguiente manera:

Ecuación 35

Factor de modificación de tamaño

$$k_b = 0,879d^{-0,107}$$

Ahora se procede a calcular el factor de modificación de tamaño

$$k_b = 0,879(0,17 \text{ in})^{-0,107}$$

$$k_b = 1,062$$

Este valor de factor de modificación de tamaño se tomara como 1 por redondeo. Después de haber calculado este factor se determinara el factor de carga para esto se debe tener en cuenta el siguiente criterio.

Figura 75.

Criterios para el factor de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Nota. Como el eje va a estar sometido al giro de la polea el factor de carga será por torsión. Tomado del libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley

Teniendo en cuenta el criterio mencionado, el factor de carga tendrá un valor de 0,59, ya que estará sometido a torsión.

Por otro lado para el factor de temperatura se tendrá en cuenta que la pieza estará a temperatura ambiente, por lo que este factor estará asociado a esta temperatura.

Tabla 42.

Factor de temperatura

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Nota. Como se puede observar, dado a que la temperatura ambiente es 20°C, el factor de temperatura es de 1. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

Ahora se determinara el factor de confiabilidad, en cuanto a este factor se considera una confiabilidad de la pieza del 99%, teniendo como referencia esto, se determina el factor de confiabilidad mediante la siguiente tabla.

Tabla 43.

Factor de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_o	Factor de confiabilidad k_o
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Nota. En esta tabla se puede observar el factor de confiabilidad asociado al porcentaje de confiabilidad mencionado. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

El factor de confiabilidad es de 0,814 por lo que este valor se tendrá en cuenta para determinar el cálculo del límite de resistencia a la fatiga. Por último se calculara el límite de resistencia a la fatiga de la viga rotatoria, para esta variable se tendrán en cuenta algunos aspectos que se encuentran en la siguiente figura.

Figura 76.

Criterios para la muestra de resistencia a la fatiga

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Nota. Se puede observar que se empleara la fórmula del recuadro rojo, ya que la resistencia última del material es menor a 200 Kpsi. Tomado de: J.N.R.G. Budynas, Diseño en ingeniería de Shigley.

Teniendo en cuenta que la resistencia última del AISI 1020 es de 68 Ksi se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 36.

Muestra de resistencia a la fatiga

$$S'_e = 0,5S_{ut}$$

$$S'_e = 0,5 * 68 \text{ Ksi}$$

$$S'_e = 34 \text{ Ksi}$$

Teniendo todos los valores para determinar el límite de resistencia a la fatiga, se procede a reemplazar en la ecuación 32.

$$S_e = 0,8826 * 1 * 0,59 * 1 * 0,814 * 1 * 34 \text{ Ksi}$$

$$S_e = 14,41 \text{ Ksi}$$

El límite de resistencia a la fatiga para el eje del mecanismo de vibración dio un resultado de 14,41 Ksi, el cual es el valor real teniendo en cuenta los factores calculados anteriormente, este esfuerzo disminuyó considerando también el diámetro del eje con el que se va a diseñar.

3.3.5 Resorte del tamiz

Para que el tamiz pueda tener una vibración adecuada, se requiere el uso de resortes los cuales irán a los extremos del tamiz, para el diseño de este elemento se elaboró mediante el software de diseño Solid Edge, con un diámetro de alambre de 5 mm, un diámetro exterior de la expira de 30 mm, un numero de espiras de 12 y una altura de 20 cm. Estos tendrán una placa en la parte superior e inferior del resorte, ya que se diseña con una superficie plana. Las placas de la parte superior e inferior tendrán 1 perforación con un diámetro de 5 mm y 12 mm, esto con el fin de que la sujeción sea por medio de tornillos que irán al marco correspondiente al sistema de selección. El material con el que se va a diseñar será un ASTM A227 [42], ya que generalmente se trabaja con este tipo de materiales para resortes a compresión. A continuación se muestra el sólido del resorte del tamiz

Figura 77.

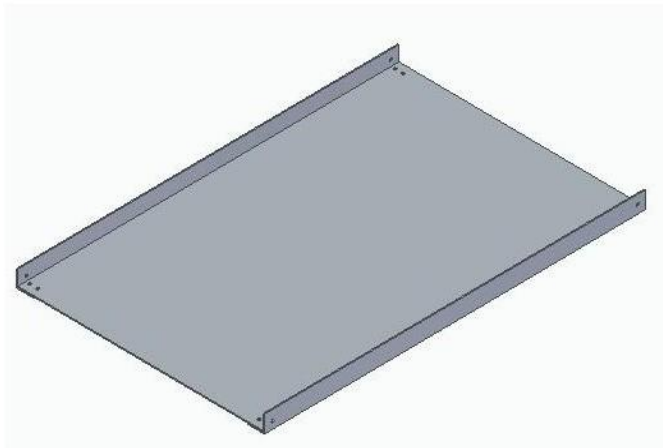
Resorte del tamiz



Nota. Resorte que permitirá la vibración adecuada del tamiz.

Una vez accionado el mecanismo de vibración este permitirá producir un movimiento el cual será clave para que los granos caigan por la placa y la vaina siga su trayecto y caiga directamente a una placa de salida, donde posteriormente será retirada. Una vez pasen los granos por las perforaciones del tamiz, caerán hacia una placa deslizante que se muestra en la figura 78, donde posteriormente caerá al sistema de almacenamiento.

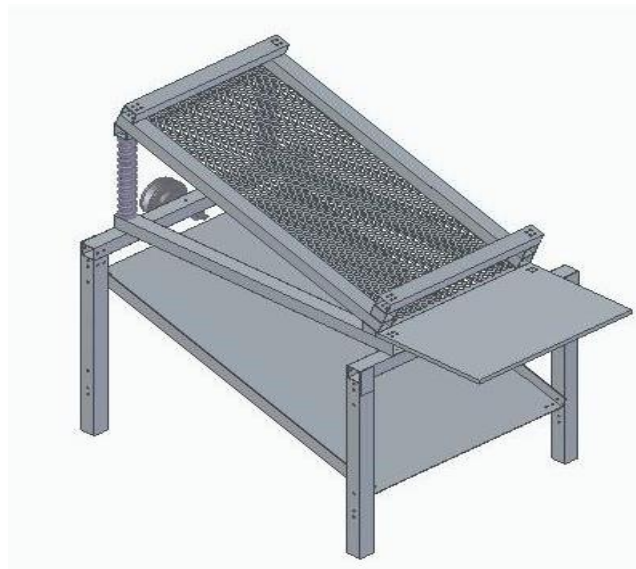
Figura 78.
Placa deslizante



Nota. Diseño elaborado en el software SolidEdge

A continuación, se muestra el sistema de selección de la máquina

Figura 79
Sistema de selección



Nota. Sistema de selección elaborado en el software Solid Edge

3.4 Sistema de transmisión

3.4.1 Selección del motor

Teniendo como referencia la potencia del motor que es de 1.5 kW y la velocidad de 3000 rpm utilizados para calcular el radio de los rodillos, además para el sistema de selección se tiene en cuenta que se utiliza un motor de 0,5 kW a 3000 rpm. Se procede a calcular el torque despejándolo de la ecuación 13

$$T_{ed} = \frac{p_{ed}}{\omega_{ed}}$$

Donde:

T_{ed} = Torque del eje de vibración (Nm)

p_{ed} = Potencia del eje de vibración (kW)

ω_{ed} = Velocidad angular del eje de vibración (rad/s)

$$T_{ed} = \frac{0,5 \text{ kW}}{\frac{2\pi * 3000 \text{ rpm}}{60}}$$

$$T_{ed} = 1,6 \text{ Nm}$$

A continuación, se procede a calcular el torque total mediante la siguiente ecuación
Ecuación 37

Torque total

$$T_t = T_r + T_{ed}$$

$$T_t = 3,183 \text{ Nm} + 1,6 \text{ Nm}$$

$$T_t = 4,783 \text{ Nm}$$

Ahora teniendo en cuenta que las revoluciones por minuto son de 1500 para los sistemas, se procede a calcular la potencia requerida del motor mediante la ecuación 13.

$$p_m = T_t * \omega$$

$$p_m = 4,783 \text{ Nm} * \left(\frac{2\pi * 1500 \text{ rpm}}{60} \right)$$

$$p_m = 0,75 \text{ kW}$$

Para que se cumpla esta potencia se debe tener en cuenta la eficiencia del motor que por lo general está en un rango del 70%-85%, de acuerdo a este porcentaje se elige el más bajo para poder seleccionar el motor adecuado, para este caso es el 70% y teniendo en cuenta que se requiere una potencia de 1,5 kW, se multiplica el valor de la potencia y el porcentaje mínimo para seleccionarlo, con base a la potencia de un motor de 2,2 kW

multiplicado por la eficiencia mínima de 70% nos da un resultado de 1,5 kW, dándonos un valor de la potencia requerida. [43]

Tabla 44.

Selección del motor

kW	Tamaño IEC	Código MLFB	IE	Velocidad rpm	Tn (Nm)	I vacío (A)	In (A)	Factor de potencia	Eficiencia 4/4	Eficiencia 3/4	Eficiencia 2/4	I arr	T arr	T max	Momento de Inercia (Kg.m ²)	Kgs (IMB3)	Rodamiento LA	Rodamiento LCA
1500 rpm, 4 polos, Fundición de Hierro, 220VD / 380VY, 50 Hz																		
0,55	80M	1LE0102-0DB22-1AA4	-	1415	3,7	0,80	1,49	0,81	69,4	69,9	66,8	4,5	2,0	2,6	0,0016	17,0	6204 2Z C3	6204 2Z C3
0,75	80M	1LE0102-0DB32-1AA4	IE1	1405	5,1	1,04	1,95	0,81	72,1	73,7	71,8	4,8	2,0	2,6	0,0019	18,5	6204 2Z C3	6204 2Z C3
1,1	90S	1LE0102-0EB02-1AA4	IE1	1420	7,4	1,66	2,80	0,80	75,0	77,3	74,3	5,4	2,0	2,6	0,0027	23	6205 2Z C3	6205 2Z C3
1,5	90L	1LE0102-0EB42-1AA4	IE1	1425	10,0	2,20	3,65	0,81	77,2	77,3	75,1	5,6	2,0	2,5	0,0034	26	6205 2Z C3	6205 2Z C3
2,2	100L	1LE0102-1AB42-1AA4	IE1	1425	14,8	2,95	5,2	0,81	79,7	80,7	78,7	5,8	2,4	2,9	0,0063	30	6206 2Z C3	6206 2Z C3
3	100L	1LE0102-1AB52-1AA4	IE1	1420	20,2	3,30	6,7	0,83	81,5	83,1	81,5	6,5	2,8	3,1	0,0081	33	6206 2Z C3	6206 2Z C3
4	112M	1LE0102-1BB22-1AA4	IE1	1445	26,4	5,6	9,3	0,79	83,1	83,3	81,5	7,4	2,8	3,3	0,011	44	6206 2Z C3	6206 2Z C3
5,5	132S	1LE0102-1CB02-1AA4	IE1	1450	36,2	5,9	12,0	0,82	84,7	85,5	84,3	6,5	2,0	3,1	0,019	59	6208 2Z C3	6208 2Z C3
7,5	132M	1LE0102-1CB22-1AA4	IE1	1435	50,0	7,3	16,2	0,82	86,0	87,2	87,2	6,4	2,3	3,1	0,025	70	6208 2Z C3	6208 2Z C3

Nota. Se muestra el motor seleccionado con sus especificaciones técnicas. Tomado de: SIEMENS. Disponible en: <https://motores-electricos.com.ar/wp-content/uploads/2017/08/Cata%CC%81logo-SIMOTICS-Argentina-v5.pdf>

Según el catálogo del motor el diámetro del eje es de 28 mm [44] ya que el tamaño es de 100 L en el cual se observa en la tabla 45, con base en este diámetro se diseñara un mecanismo que permita transmitir la potencia a los rodillos para realizar la separación del grano de la vaina.

Tabla 45.

Dimensiones del motor

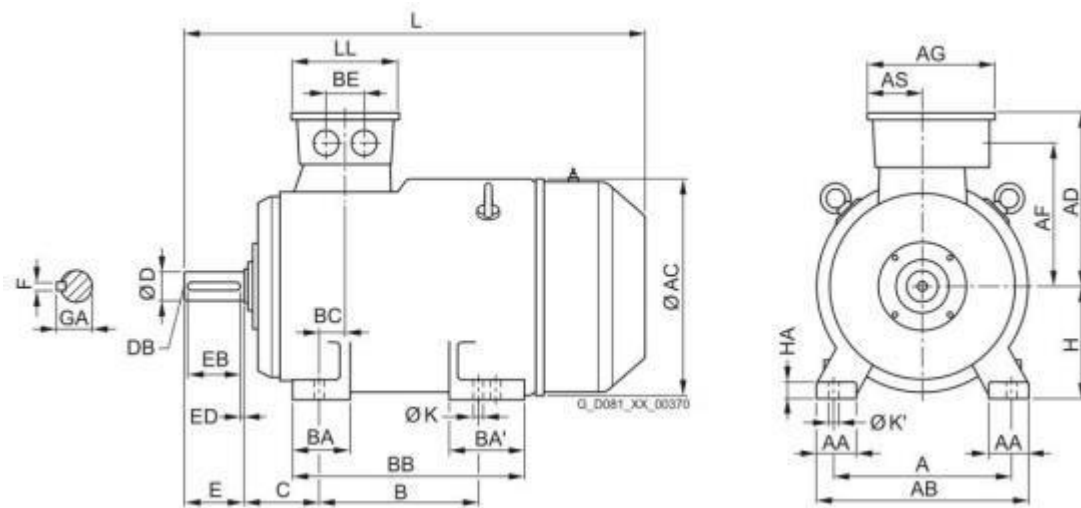
Tamaño	Tipo de motor	Polos	Designación de dimensiones conforme a IEC					LA extensión de eje						
			HH	K/K'	L	LC	LL	D	DB	E	EB	ED	F	GA
80 M	OD.2	2	76	10	288	323	109	19	M6	40	32	3.5	6	21.5
	OD.2	4, 6	76	10	288	323	109	19	M6	40	32	3.5	6	21.5
	OD.3	2, 4, 6	76	10	288	323	109	19	M6	40	32	3.5	6	21.5
90 S	OE.0	2, 4, 6	76	10	316	361	109	24	M8	50	40	3.5	8	27
90 L	OE.4		76	10	341	386	109	24	M8	50	40	3.5	8	27
100 L	1A.4	2, 4, 6	93.5	12	390	446	118	28	M10	60	50	3.5	8	31

Nota. Se muestra el motor bajo norma IEC el cual se refiere a medidas en milímetros para las dimensiones. Tomado de: SIEMENS. Disponible en: <https://motores-electricos.com.ar/wp-content/uploads/2017/08/Cata%CC%81logo-SIMOTICS-Argentina-v5.pdf>

A continuación, se muestra un esquema del motor con sus dimensiones, representando la lera “D” como el diámetro del eje del motor. [44]

Figura 80.

Esquema del motor



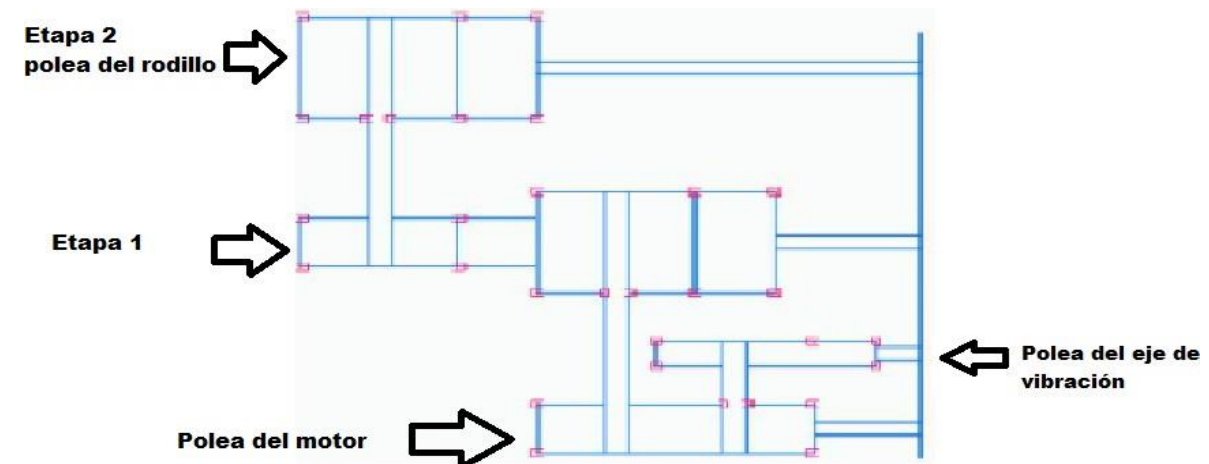
Nota. Se muestra el esquema del motor donde el aspecto más relevante es el diámetro del eje. Tomado de: SIEMENS. Disponible en: <https://motores-electricos.com.ar/wp-content/uploads/2017/08/Cata%CC%81logo-SIMOTICS-Argentina-v5.pdf>

3.4.2 Diseño de poleas

En esta sección primero debemos saber cómo estará constituido el sistema de poleas para la transmisión.

Figura 81.

Diagrama de poleas de transmisión



Nota. Poleas de diferentes secciones de transmisión

Para el diseño de las poleas se tendrá en cuenta la potencia del motor y las revoluciones por minuto. Ya que anteriormente se seleccionó un motor de 2,2 kW y 1500 rpm se procede a realizar el respectivo cálculo de poleas y correas, las cuales van a ser correas en V tipo B, que es adecuada para el tipo de trabajo que requiere de la máquina. En esta máquina se necesitara que los rodillos estén 3 veces por debajo de la velocidad del motor entonces se requerirá de 2 etapas para reducir esta velocidad.

3.4.2.a. Cálculo de sistema de transmisión del motor a los rodillos

Tabla 46.

Designación de bandas

DESIGNACIONES NORMALES PARA BANDAS TRAPECALES O EN V			
Tipo	Sección Transversal	Diámetro mínimo de polea *	Norma
Común para servicio pesado	A	3.0 in	ANSI/RMA-IP-20-1977
	B	5.4 in	
	C	9.0 in	
	D	13.0 in	
	E	21.0 in	
Común SI para servicio pesado	13C	80 mm	ANSI/RMA-IP-20-1977
	16C	140 mm	
	22C	224 mm	
	32C	355 mm	
Angosta para servicio pesado	3V	2.65 in	RMA-IP-22
	5V	7,1 in	
	8V	12,3 in	
*Puede haber diámetros más pequeños que estos, pero su empleo puede acortar la duración de la correa o banda de transmisión			

Nota. Designaciones normales para bandas trapecialeso en V. Tomado de: ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar

Se procede a calcular el diámetro de las poleas y el número de correas Ecuación 38.

Relación de transmisión

$$\frac{d_{impulsador}}{n_{motor}} = \frac{D_{impulsado}}{n_{rodillo}}$$

Donde:

$d_{impulsador}$ = Diámetro de la polea impulsadora (in)

$D_{impulsado}$ = Diámetro de la polea impulsada (in)

n_{motor} = Velocidad del motor (rpm)

$n_{rodillo}$ = Velocidad del rodillo (rpm)

Ecuación 39.

Distancia entre centros de las poleas

$$D_{impulsado} \leq C \leq \frac{D_{impulsado} + (3 * d_{impulsador})}{2}$$

Donde:

C = Distancia entre centros (in)

Ecuación 40.

Potencia de diseño

$$H_D = K_s H$$

Donde:

H_D = Potencia de diseño (HP)

K_s = Factor de servicio

H = Potencia del motor (HP)

Ecuación 41.

Angulo de contacto

$$\phi_s = \pi - 2 \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D_{impulsado} - d_{impulsador}}{2C} \right)$$

Donde:

ϕ_s = Angulo de contacto (rad)

Ecuación 42.

Longitud de paso

$$L_p = 2C + 1,57(D_{impulsado} + d_{impulsador}) + \frac{(D_{impulsado} - d_{impulsador})^2}{4C}$$

Donde:

L_p = Longitud de paso (in)

Ecuación 43.

Longitud interior

$$L = L_p - L_A$$

Donde:

L = Longitud interior (in)

L_A = Aumento de longitud (in)

Ecuación 44.

Longitud de paso real

$$L_{pr} = L + L_A$$

Donde:

L_{pr} = Longitud de paso real (in)

Ecuación 45.

Potencia nominal

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{d_{impulsador}} - C_3(r * d_{impulsador})^2 - C_4 \log(r * d_{impulsador}) \right] (r * d_{impulsador}) + C_2 * r * \left(1 - \frac{1}{K_A} \right)$$

Donde:

r = Velocidad del motor dividido en 1000 (rpm)

H_r = Potencia nominal (HP)

C_1, C_2, C_3, C_4 = Constante que modifica la potencia

K_A = Factor de velocidad

Ecuación 46.

Corrección de potencia

$$H'_r = K_1 * K_2 * H_r$$

Donde:

H'_r = Corrección de potencia (HP)

K_1, K_2 = Factor de corrección de longitud

Ecuación 47.

Número de correas

$$N_c = \frac{H_D}{H'_r}$$

Donde:

N_c = Número de correas

Se procede a calcular los diámetros de las poleas y el número de bandas que necesita cada polea para generar la correspondiente transmisión.

El diámetro de la polea impulsora será de 6,1 in, dado que según el catalogo muestra que las correas tipo B se utiliza un diámetro mínimo de 3.1 in, la velocidad del motor, del sub sistema de vibración, ya fueron calculados anteriormente los cuales son un valor de 1500 rpm y 3000 rpm respectivamente, como anteriormente se especificó que se necesitaban de 2 etapas para lograr la reducción de velocidad de los rodillos para lograr una velocidad de 500 rpm. Se calculó que lo mejor es reducir en cada etapa 500 rpm para no tener una polea excesivamente grande como se puede calcular utilizando la ecuación 38 a continuación.

$$D_{impulsado} = \frac{n_{motor}}{n_{rodillo}} * d_{impulsador}$$

$$D_{impulsado} = \frac{1500 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm}} * 6,1 \text{ in}$$

$$D_{impulsado} = 18,3 \text{ in} \approx 46,5 \text{ cm}$$

Ya que es una polea excesivamente grande para la maquina se decidió que lo mejor es dejarlo de 2 etapas y reducir este diámetro.

$$D_{impulsado} = \frac{1500 \text{ rpm}}{1000 \text{ rpm}} * 6,1 \text{ in}$$

$$D_{impulsado} = 9,2 \text{ in}$$

Para la segunda etapa se tuvo en cuenta de dejar el mismo diámetro de la polea el motor dando así un diámetro de:

$$D_{impulsado} = \frac{1000 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm}} * 6,1 \text{ in}$$

$$D_{impulsado} = 12,2 \text{ in}$$

Distancia entre centros de las poleas del motor y la etapa 1, se calcula utilizando la ecuación 39:

$$9,2 \text{ in} \leq C \leq \frac{9,2 \text{ in} + (3 * 6,1 \text{ in})}{2}$$

$$9,2 \text{ in} \leq C \leq 13,73 \text{ in}$$

$$C \approx 13,73 \text{ in}$$

Además de la distancia entre centros de las poleas del motor y del sub sistema vibratorio tiene un valor de:

$$3,05 \text{ in} \leq C \leq \frac{3,05 \text{ in} + (3 * 6,1 \text{ in})}{2}$$

$$3,05 \text{ in} \leq C \leq 10,675 \text{ in}$$

$$C \approx 10,675 \text{ in}$$

Potencia de diseño es uno de los valores que determinara el número de correas que debe tener el sistema.

Se necesita de un valor de factor de servicio (Potencia) K_s de 0,81 que suministra el motor y la potencia que da el motor con un valor de 1,475 HP, para calcular el valor de la potencia de diseño se utiliza la ecuación 40.

$$H_D = 0,81 * 1,475 \text{ HP}$$

$$H_D = 1,195 \text{ HP}$$

El ángulo de contacto se utiliza los valores de diámetro de las poleas y su distancia entre centros correspondientes a cada una de sus etapas, para se utilizará la ecuación 41.

Etapla 1:

$$\phi_s = \pi - 2 \text{Sen}^{-1} \left(\frac{9,2 \text{ in} - 6,1 \text{ in}}{2 * 13,4 \text{ in}} \right)$$

$$\phi_s = 2,92 \text{ rad}$$

Etapla 2:

$$\phi_s = \pi - 2 \text{Sen}^{-1} \left(\frac{12,2 \text{ in} - 6,1 \text{ in}}{2 * 15,25 \text{ in}} \right)$$

$$\phi_s = 2,74 \text{ rad}$$

La longitud de paso al igual que el ángulo de contacto se utiliza los diámetros de las poleas y su respectiva distancia entre centros, reemplazando en la ecuación 42 dando así:

Etapa 1

$$L_p = 2 * (13,73 \text{ in}) + 1,57(9,2 \text{ in} + 6,1 \text{ in}) + \frac{(9,2 \text{ in} - 6,1 \text{ in})^2}{4 * 13,73 \text{ in}}$$

$$L_p = 51,56 \text{ in}$$

Etapa 2:

$$L_p = 2 * (15,25 \text{ in}) + 1,57(12,2 \text{ in} + 6,1 \text{ in}) + \frac{(12,2 \text{ in} - 6,1 \text{ in})^2}{4 * 15,25 \text{ in}}$$

$$L_p = 59,84 \text{ in}$$

La longitud interior es la diferencia que hay entre la longitud de paso y el aumento de longitud, este valor se logra encontrar en la Tabla 47, dado que es una correa tipo B y la longitud de paso está en un intervalo de 35 in y 240 in, se tomara un aumento de 1,8 in y se reemplazaran este valor en la ecuación 43.

Tabla 47.

Aumentos de longitud para bandas en V

AUMENTOS DE LONGITUD PARA BANDAS V COMUNES DE SERVICIO		
Sección Transversal	Intervalos de tamaños (in)	Aumento* de longitud (in)
A	26 a 128	1.3
B	35 a 240	1.8
B	240 o mayor	2.1
C	51 a 210	2.9
C	210 o mayor	3.8
D	120 a 210	3.3
D	210 o mayor	4.1
E	180 a 240	4.5
E	240 o mayor	5.5

* Los aumentos de longitud que se indican están en pulgadas y han de ser sumados al perímetro interior para obtener la longitud de paso de una

Nota. Aumentos para longitudes de bandas en V comunes de servicio pesado serie en pulgadas. Tomado de: ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar

Etapa 1

$$L = 51,56 \text{ in} - 1,8 \text{ in}$$

$$L = 49,76 \text{ in}$$

Etapa 2:

$$L = 59,84 \text{ in} - 1,8 \text{ in}$$

$$L = 58,04 \text{ in}$$

La longitud de paso real es la longitud real que es el valor próximo el cual es de 60 in en la etapa 1 y 80 in en la etapa 2, dado en la tabla 47 y el aumento de longitud, dando valores:

Etapa 1:

$$L_{pr} = 60 \text{ in} + 1,8 \text{ in}$$

$$L_{pr} = 292,1 \text{ in}$$

Etapa 2

$$L_{pr} = 81 \text{ in} + 1,8 \text{ in}$$

$$L_{pr} = 82,8 \text{ in}$$

La potencia nominal se halla usando el diámetro de la polea impulsora, la velocidad del motor dividido entre 1000, un factor de velocidad que se encuentra con el valor de intervalo que es dividir el diámetro de la polea impulsada con el diámetro de la polea impulsora y las constantes de modificación de potencia que se encuentran en la Tabla 48.

Tabla 48.

Factores de relación de velocidad

FACTORES DE RELACIÓN DE VELOCIDAD PARA EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DE LA POTENCIA NOMINAL DE TRANSMISIONES DE	
Intervalo D/d	K _A
1.00 a 1.01	1
1.02 a 1.04	1,0112
1.05 a 1.07	1,0226
1.08 a 1.10	1,0344
1.11 a 1.14	1,0463
1.15 a 1.20	1,0586
1.21 a 1.27	1,0711
1.28 a 1.39	1,0840
1.40 a 1.64	1,0972
Mayor a 1.64	1,1106

Nota. Se halla el factor de velocidad con los diámetros de las poleas. Tomado de: ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar

$$\frac{D_{\text{impulsado}}}{d_{\text{impulsador}}}$$

Etapa 1

$$\frac{9,2 \text{ in}}{6,1 \text{ in}} = 1,5$$

Etapa 2

$$\frac{12,2 \text{ in}}{6,1 \text{ in}} = 2$$

Dado que el valor del intervalo en la etapa 1 y 2 son de 1,5 y 2, el valor K_A de cada etapa de 1,0972 y 1,1106 respectivamente que se encuentran en la tabla 48.

El valor de la velocidad dividida entre 1000 y el diámetro de la polea impulsora para facilitar el cálculo de la potencia nominal es de:

Etapa 1

$$r * d_{\text{impulsador}} = 1,5 * 6,1 \text{ in}$$

$$r * d_{\text{impulsador}} = 9,15 \frac{\text{in}}{\text{min}}$$

Etapa 1

$$r * d_{impulsador} = 1 * 6,1 \text{ in}$$

$$r * d_{impulsador} = 6,1 \frac{\text{in}}{\text{min}}$$

Reemplazando los valores de K_A y de $r * d_{impulsador}$ en la ecuación 45 y se tiene en cuenta los valores de C_1, C_2, C_3 y C_4 da valores de potencia nominal en la Tabla 49:

Tabla 49.

Constantes para ecuación de potencia nominal

CONSTANTES PARA EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DE LA POTENCIA NOMINAL DE TRANSMISIONES DE BANDA				
Sección transversal	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A	0.8542	1.342	2.436x10 ⁻⁴	0.1703
B	1.506	3.520	4.193x10 ⁻⁴	0.2931
C	2.786	9.788	7.460x10 ⁻⁴	0.5214
D	5.922	34.72	1.522x10 ⁻³	1.064
E	8.642	66.32	2.192x10 ⁻³	1.532
13C	3.316x10 ⁻²	1.088	1.162x10 ⁻⁸	5.238x10 ⁻³
16C	5.185x10 ⁻²	2.273	1.759x10 ⁻⁸	7.934x10 ⁻³
22C	1.002x10 ⁻¹	7.040	3.326x10 ⁻⁸	1.500x10 ⁻³
32C	2.205x10 ⁻¹	26.62	7.037x10 ⁻⁸	3.174x10 ⁻³

Nota. Se busca el valor de las constantes para las bandas tipo B. Tomado de: ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar

$$C_1 = 1,506$$

$$C_2 = 3,520$$

$$C_3 = 4,193x10^{-4}$$

$$C_4 = 0,2931$$

Etapa 1:

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{6,1 \text{ in}} - C_3 \left(9,15 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right)^2 - C_4 \log \left(9,15 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) \right] \left(9,15 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) + C_2 * 1,5 \text{ rpm} * \left(1 - \frac{1}{1,0972} \right)$$

$$H_r = 6,54 \text{ HP}$$

Etapa 2:

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{6,1 \text{ in}} - C_3 \left(6,1 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right)^2 - C_4 \log \left(6,1 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) \right] \left(6,1 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) + C_2 * 1 \text{ rpm} * \left(1 - \frac{1}{1,1106} \right)$$

$$H_r = 4,34 \text{ HP}$$

La corrección de potencia es la potencia nominal multiplicada por el factor de corrección de longitud que se encuentra en la Tabla 50 utilizando la ecuación 47.

Tabla 50.

Factores de corrección de longitud

LONGITUDES NOMINALES L ₅ Y FACTORES DE CORRECCIÓN DE LONGITUD K ₂ PARA BANDAS V INGLESAS* DE TIPO COMÚN PARA SERVICIO PESADO									
L ₅	A	B	C	L ₅	A	B	C	D	E
26	0.78			120	1.13	1.06	0.96	0.88	
31	0.82			128	1.15	1.08	0.98	0.89	
35	0.85	0.80		144		1.10	1.00	0.91	
38	0.87	0.82		158		1.12	1.02	0.93	
42	0.89	0.84		173		1.14	1.04	0.94	
46	0.91	0.86		180		1.15	1.05	0.95	0.92
51	0.93	0.88	0.80	195		1.17	1.06	0.96	0.93
55	0.95	0.89		210		1.18	1.07	0.98	0.95
60	0.97	0.91	0.83	240		1.22	1.10	1.00	0.97
68	1.00	0.94	0.85	270		1.24	1.13	1.02	0.99
75	1.02	0.96	0.87	300		1.27	1.15	1.04	1.01
80	1.04			330			1.17	1.06	1.03
81		0.98	0.89	360			1.18	1.07	1.04
85	1.05	0.99	0.90	390			1.20	1.09	1.06
90	1.07	1.00	0.91	420			1.21	1.10	1.07
96	1.08		0.92	480				1.13	1.09
97		1.02		540				1.15	1.11
105	1.10	1.03	0.94	600				1.17	1.13
112	1.12	1.05	0.95	660				1.18	1.15

* Las designaciones de longitud corresponden a los perímetros interiores.

Nota. Se elige el factor de corrección correspondiente a la longitud. Tomado de: ANSI/RMA-IP-20-1977 estándar

Etapa 1:

$$K_1 = 0,99$$

$$K_2 = 0,91$$

$$H'_r = 0,99 * 0,91 * 6,54 \text{ HP}$$

$$H'_r = 5,89 \text{ HP}$$

Etapa 2:

$$K_1 = 0,99$$

$$K_2 = 0,98$$

$$H'_r = 0,99 * 0,98 * 4,34 \text{ HP}$$

$$H'_r = 4,213 \text{ HP}$$

El número de correas que tendrá cada polea se halla dividiendo la potencia de diseño con la corrección de la potencia nominal, como se muestra en la ecuación 47 de cada etapa dando así:

Etapas 1:

$$N_c = \frac{1,195 \text{ HP}}{5,89 \text{ HP}}$$

$$N_c = 0,20$$

Etapas 2:

$$N_c = \frac{1,195 \text{ HP}}{4,213 \text{ HP}}$$

$$N_c = 0,28$$

Para garantizar los caballos de fuerza se aproxima al valor entero superior, dejando así el número de correas necesarias, en cada etapa es de 1.

3.4.2.b. Calculo del sistema de transmisión del motor al subsistema de vibración: al igual que como se calculó el sistema de transmisión del motor a los rodillos se procede hacer el mismo procedimiento.

El diámetro de la polea impulsora es de 6,1 in, la velocidad del motor y del rodillo ya fueron investigados anteriormente los cuales son un valor de 1500 rpm y 3000 rpm respectivamente, utilizando la ecuación 38 da como resultado.

$$D_{impulsado} = \frac{n_{motor}}{n_{rodillo}} * d_{impulsador}$$

$$D_{impulsado} = \frac{1500 \text{ rpm}}{3000 \text{ rpm}} * 6,1 \text{ in}$$

$$D_{impulsado} = 3,05 \text{ in}$$

La distancia entre centros al igual que en las etapas 1 y 2, se calcula con la ecuación 36 y tiene un valor en este caso de:

$$12,2 \text{ in} \leq C \leq \frac{12,2 \text{ in} + (3 * 6,1 \text{ in})}{2}$$

$$12,2 \text{ in} \leq C \leq 15,25 \text{ in}$$

$$C \approx 15,25 \text{ in}$$

Para la potencia de diseño es el mismo que se calculó en la ecuación 40 para las etapas 1 y 2.

$$H_D = 1,195 \text{ HP}$$

El ángulo de contacto se utiliza los valores de diámetro de las poleas del motor y sub sistema vibratorio y la distancia entre centros, reemplazando en la ecuación 41.

$$\phi_s = \pi - 2 \text{Sen}^{-1} \left(\frac{3,05 \text{ in} - 6,1 \text{ in}}{2 * 10,675 \text{ in}} \right)$$

$$\phi_s = 3,43 \text{ rad}$$

Al igual que en el ángulo de contacto se procede a utilizar los mismos valores de diámetros de polea de motor y del sub sistema vibratorio y distancia entre centro, en la ecuación 42.

$$L_p = 2 * (10,675 \text{ in}) + 1,57(3,05 \text{ in} + 6,1 \text{ in}) + \frac{(3,05 \text{ in} - 6,1 \text{ in})^2}{4 * 10,675 \text{ in}}$$

$$L_p = 35,93 \text{ in}$$

Para la longitud interior en este caso el aumento de longitud, dado que es una correa tipo B y la longitud de paso esta entre 35 in y 240 in, en la tabla 47 muestra un valor de 1,8 in, con este valor se reemplaza en la ecuación 43.

$$L = 35,93 \text{ in} - 1,8 \text{ in}$$

$$L = 34,13 \text{ in}$$

Para la longitud de paso real se toma el valor más cercano que es de 46 in y se toma el mismo aumento de longitud de 1,8 in, se toman estos valores en la ecuación 44.

$$L_{pr} = 46 \text{ in} + 1,8 \text{ in}$$

$$L_{pr} = 47,8 \text{ in}$$

Al igual que antes la potencia nominal se calcula utilizando el diámetro de la polea impulsora, la velocidad del motor dividido entre 1000, un factor de velocidad que se encuentra con el valor de intervalo el cual es dividir el diámetro de la polea impulsada con el diámetro de la polea impulsora y las constantes de modificación de potencia de las correas tipo B que se encuentran en la tabla 48 y reemplazando estos valores en la ecuación 45.

Dado que el valor del intervalo es de 1 el valor K_A es de 1,000 que se encuentra en a tabla 48.

El valor de la velocidad dividida entre 1000 y el diámetro de la polea impulsora para facilitar el cálculo de la potencia nominal es de:

$$r * d_{impulsador} = 1,5 * 6,1 \text{ in}$$

$$r * d_{impulsador} = 9,15 \text{ in/min}$$

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{6,1 \text{ in}} - C_3 \left(16,2 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right)^2 - C_4 \log \left(16,2 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) \right] \left(16,2 \frac{\text{in}}{\text{min}} \right) + C_2 * 1,5 \text{ rpm} * \left(1 - \frac{1}{1,0000} \right)$$

$$H_r = 5,6 \text{ HP}$$

Corrección de potencia es la potencia nominal multiplicada por el factor de corrección de longitud que se encuentra en la tabla 45 y utilizando la ecuación 46.

$$K_1 = 0,99$$

$$K_2 = 0,86$$

$$H'_r = 0,99 * 0,86 * 5,6 \text{ HP}$$

$$H'_r = 4,768 \text{ HP}$$

El número de correas se halla dividiendo la potencia de diseño con la corrección de la potencia nominal como lo muestra la ecuación 47.

$$N_c = \frac{1,195 \text{ HP}}{4,768 \text{ HP}}$$

$$N_c = 0,25$$

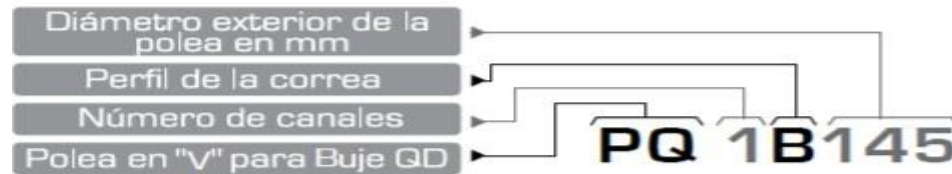
Para garantizar los caballos de fuerza se aproxima al valor entero superior, dejando así el número de correas necesarias, en cada etapa es de 1.

3.4.2.c. Diseño de la polea del rodillo: Para el diseño de las poleas se tuvo en cuenta los diámetros anteriormente calculados de la polea impulsada y la polea impulsora para el sistema de transmisión entre el motor y los rodillos y el motor y el subsistema de vibración (sistema de selección), además se tomó del catálogo de Intermecc [45], este nos ofrece un modelo de polea con sus respectivas dimensiones y el diseño para bujes QD. A continuación se procede a seleccionar el tipo de modelo para la polea de transmisión para los rodillos.

Figura 82.

Nomenclatura para poleas con Buje QD

Nomenclatura para poleas con Buje QD



Nota. Esta nomenclatura se tendrá en cuenta para la selección del modelo de diseño. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

Ahora conociendo anteriormente que el número de correas es de 1, el perfil para la correa es “B” y el diámetro exterior de la polea es 310 mm, el que corresponde al diámetro de la polea impulsada, mediante la siguiente tabla se elige el modelo a trabajar.

Tabla 51.

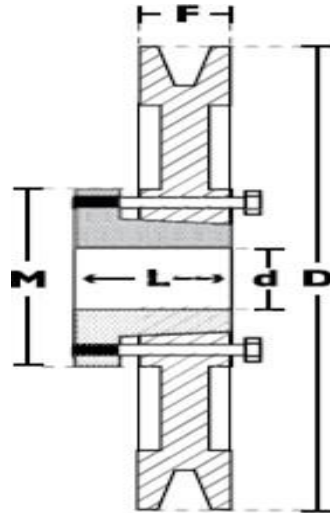
Dimensiones para poleas tipo B

1 CANAL									
Ancho (F) = 25.4 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
11.3	290	PQ 1B290	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	10.0
11.8	300	PQ 1B300	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	11.2
12.6	320	PQ 1B320	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	12.0
13.8	350	PQ 1B350	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	14.0
15.0	380	PQ 1B380	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	16.2

Nota. El modelo a diseñar es el T3 ya que el diámetro exterior se encuentra entre 770 y 975 mm. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

Figura 83.

Modelo de diseño de la polea



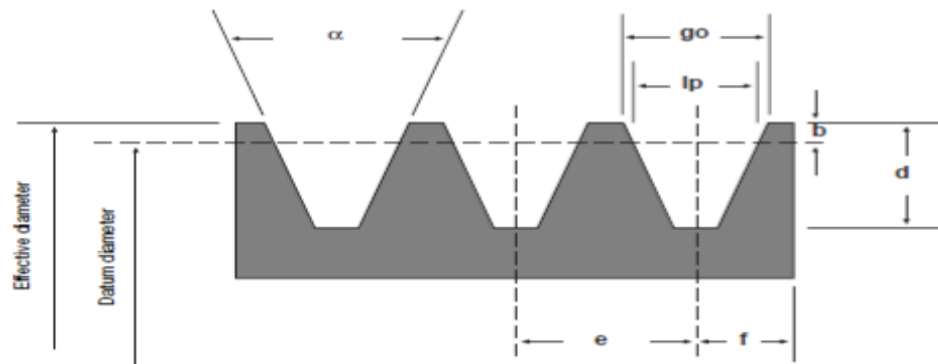
Modelo T3

Nota. Modelo para el diseño de la polea en V.
Tomado de: Intermecc.
Disponible en:
<https://www.intermec.com.co/>

Teniendo el modelo seleccionado ahora se procede a diseñar el canal de la polea teniendo como base el tipo de correa seleccionada, para esto se utiliza un catálogo de correas [46], que permita hacer este perfil, ya que el tipo de correa es “B” se buscan los siguiente datos representado en la siguiente figura.

Figura 84

Variables para el perfil del canal de la polea



Nota. Variables para el diseño del perfil de la correa. Tomado de: Design manual industrial V-belts. Disponible en: <https://www.gates.com/es/es.html>

Con referencia al perfil mostrado anteriormente se toma en cuenta en tipo de correa para conocer los valores de estas variables para el diseño del perfil.

Tabla 52.

Dimensiones y tolerancias para el perfil de correas

Cross-section	Effective diam. range mm	Groove angle a	go mm	d mm	e mm	f mm
A - PowerBand®	< 140	34° ± 1/2°	12.55 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	9.53 (+1.78/-0)
	> 140	38° ± 1/2°	12.80 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	9.53 (+1.78/-0)
B - PowerBand®	< 180	34° ± 1/2°	16.18 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	12.70 (+3.80/-0)
	> 180	38° ± 1/2°	16.51 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	12.70 (+3.80/-0)
C - PowerBand®	< 200	34° ± 1/2°	22.33 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)
	200 to 315	36° ± 1/2°	22.53 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)
	> 315	38° ± 1/2°	22.73 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)

Nota. Como el diámetro es mayor a 180 mm se escogen los valores mostrados en la tabla 48. Tomado de: Design manual industrial V-belts. Disponible en: <https://www.gates.com/es/es.html>

Ya que en la polea también va a ir acoplado mediante un buje para que este permita un fácil montaje y desmontaje de la polea, para esto el mismo catálogo de Intermec proporciona una referencia de buje asociado al diámetro exterior de la polea en el cual

se puede observar en la tabla 53, donde la referencia del buje es SDS, con lo que corresponde a determinar las medidas para la polea en el catálogo de Intermecc.

Tabla 53.

Buje QD para la polea del eje del rodillo

Ref. Buje	Huevo máximo permisible con cuñero estándar		A [mm]	B [mm]	D [mm]	E [mm]	L [mm]
	[mm]	[pulg]					
JA	25.4	1	9.5	34.9	50.8	17.5	27.0
SH	34.9	1-3/8	11.1	47.5	68.3	22.2	33.3
SDS	42.9	1-11/16	12.7	55.5	81.0	22.2	34.9
SD	42.9	1-11/16	12.7	55.5	81.0	33.3	46.0

Nota. Dimensiones para el diseño del buje QD.

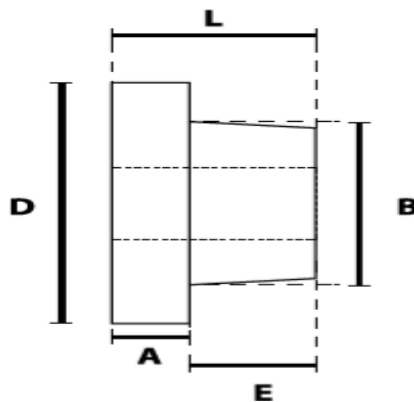
Tomado de: Intermecc. Disponible en:

<https://www.intermecc.com.co/>

En seguida se muestra el bosquejo del diseño del buje con el que se realizara en el software de Solid Edge

Figura 85.

Diseño del bosquejo del buje

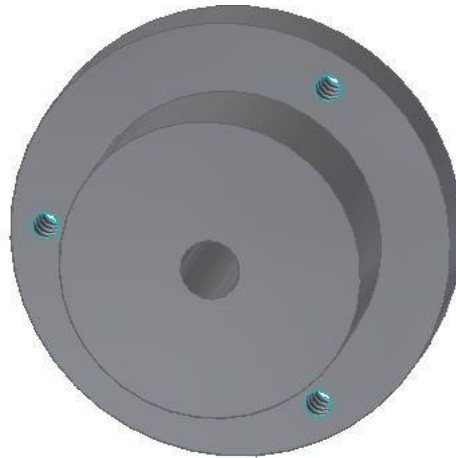


Nota. Se tomara como referencia el diámetro del eje del rodillo el cual es de 16 mm para poder acoplar adecuadamente. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermecc.com.co/>

Teniendo en cuenta que el catálogo de Intermecc nos recomienda tener 3 tornillos en el buje, se diseñaran con un diámetro de 5 mm

Figura 86.

Solido del buje QD para la polea del rodillo



Nota. El diseño del buje se llevó a cabo en el software Solid Edge. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermecc.com.co/>

A continuación, se muestra el sólido de la polea de transmisión para el eje del rodillo.

Figura 87.

Polea del eje del rodillo

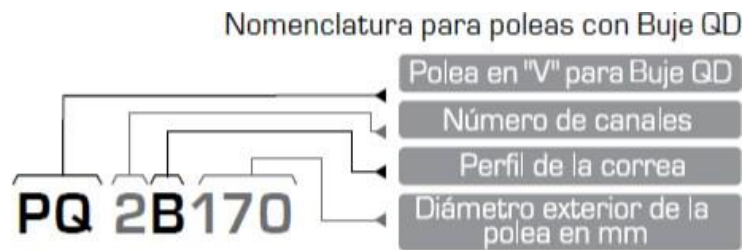


Nota. Solido de la polea del rodillo generado en el software Solid Edge

3.4.2.d. Diseño de la polea del motor: para el diseño de la polea del motor se tuvo como referencia el diámetro de la polea del sub sistema vibratorio y el diámetro mínimo que se necesita según el catálogo de Intermec, para el sub sistema vibratorio es de 3,1 in, ya que el motor es del 1500 rpm y este sub sistema necesita 3000 rpm, dejando así que la polea que se necesita en el motor es de 6,1 in; por otro lado se dejara de doble canal debido a que va a transmitir la potencia a dos sistemas diferentes. Teniendo como base estos datos se procede a buscar la referencia de la polea denotada mediante la siguiente nomenclatura.

Figura 88.

Nomenclatura para poleas de doble canal



Nota. Esta nomenclatura se utilizara para el diseño de la polea del motor. Tomado de: Intermec. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

Con los datos anteriormente mencionados para la polea del motor la nomenclatura para esta polea seria PQ 2B 155, siendo una polea de doble canal y con un diámetro exterior de 155 mm.

Tabla 54.

Dimensiones para polea tipo B de doble canal

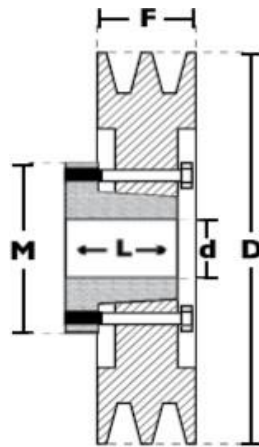
2 CANALES									
Ancho (F) = 44.4 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
6.1	155	PQ-2B155	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	7.0
6.3	160	PQ-2B160	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	7.5
6.5	165	PQ-2B165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	7.8
6.7	170	PQ-2B170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	8.0
6.9	175	PQ-2B175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	9.0

Nota. Dimensiones para el diseño de la polea del motor. Tomado de: Intermec. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

Con base a la referencia mencionada anteriormente el catalogo suministra el modelo de diseño que te tiene que realizar el cual es el siguiente:

Figura 89.

*Modelo de diseño
para la polea PQ 2B
155*



Modelo T2

Nota. Modelo recomendado para esta referencia de poleas. Tomado de: Intermec.

Disponible en:
<https://www.intermec.com.co/>

Para hacer la geometría de los canales se utiliza el mismo catálogo de V-belts ya que la polea es tipo B, pero en este caso el diámetro es inferior 180 mm por lo que se utilizaran las siguientes dimensiones para el perfil del canal.

Tabla 55.

Dimensiones y tolerancias para poleas

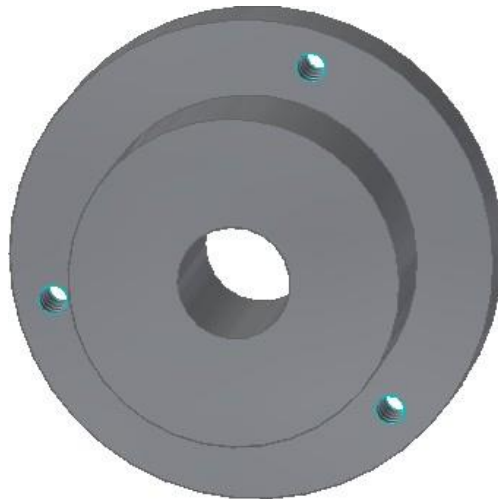
Cross-section	Effective diam. range mm	Groove angle a	go mm	d mm	e mm	f mm
A - PowerBand®	< 140	34° ± 1/2°	12.55 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	9.53 (+1.78/-0)
	> 140	38° ± 1/2°	12.80 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	9.53 (+1.78/-0)
B - PowerBand®	< 180	34° ± 1/2°	16.18 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	12.70 (+3.80/-0)
	> 180	38° ± 1/2°	16.51 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	12.70 (+3.80/-0)
C - PowerBand®	< 200	34° ± 1/2°	22.33 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)
	200 to 315	36° ± 1/2°	22.53 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)
	> 315	38° ± 1/2°	22.73 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	17.48 (+3.80/-0)

Nota. Se especifica en la figura las dimensiones con las que se va a diseñar la polea del motor. Tomado de: Intermec. Disponible en: <https://www.gates.com/es/es.html>

Dado que la referencia del buje para esta polea es exactamente la misma que la polea del rodillo se utilizan las mismas dimensiones y lo único que cambiara será el diámetro interno el cual sería el diámetro del eje del motor el cual es de 28 mm, con base a estas características se realiza el sólido del buje QD para el motor.

Figura 90.

Buje para el eje del motor

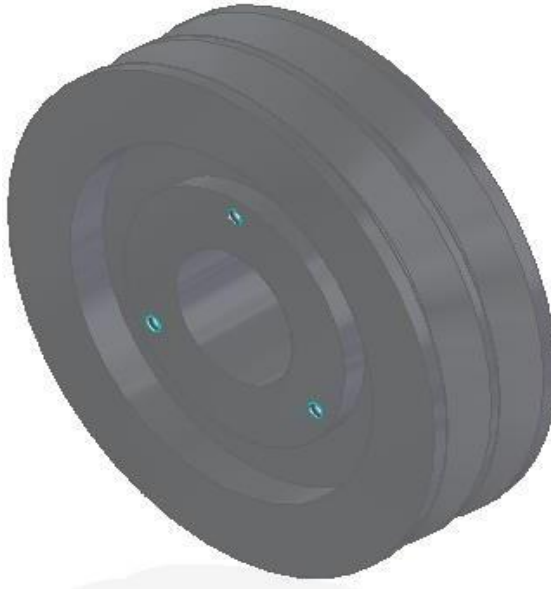


Nota. El diseño se realizó en el software Solid Edge.

A continuación, se muestra el diseño para la polea del motor el cual fue realizado en el software Solid Edge.

Figura 91.

Polea para el eje del motor

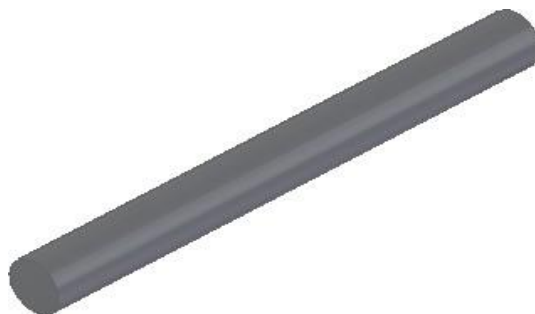


Nota. El material que va a emplear esta polea será del acero SAE 1020

En la etapa 1 y 2 estará compuesto por dos poleas por lo que habrá un eje para estas etapas las cuales van reducir la velocidad del motor, este eje tendrá un diámetro de 12 mm de acuerdo al diámetro del rodamiento y una longitud de 12 cm para que este alineado a la polea del motor.

Figura 92.

Eje de la etapa 1



Nota. El material que se utiliza es un acero SAE 1020 específicamente para ejes de este tipo de trabajo.

3.4.2.e. Polea 1 para la etapa 1: para esta polea se diseñara con un diámetro de 233 mm de tipo B, para que me permita reducir la velocidad del motor, la nomenclatura que se trabajara es la que está en la figura 82, con las siguientes dimensiones.

Tabla 56.

Dimensiones para la polea 1 de la etapa 1.

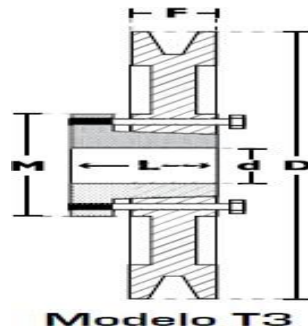
1 CANAL									
Ancho (F) = 25.4 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
8,3	210	PQ 1B210	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	6,6
8,7	220	PQ 1B220	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	6,8
8,9	225	PQ 1B225	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	7,0
9,1	230	PQ 1B230	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	7,7
9,4	240	PQ 1B240	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	7,8

Nota. Dimensiones para poleas de un canal del catálogo de Intermecc. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

El modelo para el diseño de esta polea es el modelo T3 el cual se representa de la siguiente manera.

Figura 93.

Modelo de diseño para la polea 1 de la etapa 1

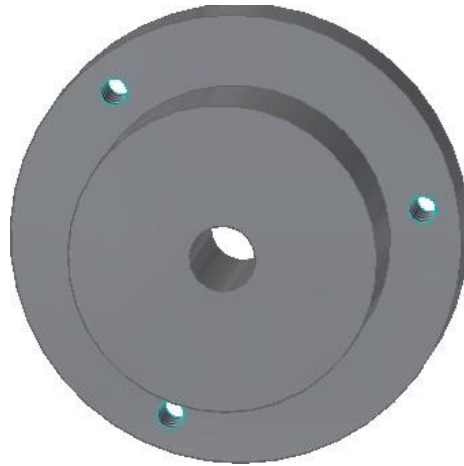


Nota. Modelo consultado del catálogo de Intermecc. Tomado de: Intermecc. Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

Para la geometría de los canales se utilizara la tabla 52, ya que le diámetro exterior es mayor a 180 mm. Sin embargo para la geometría del buje sigue siendo la referencia SDS lo único que cambia es el diámetro del eje el cual es de 12 mm.

Figura 94.

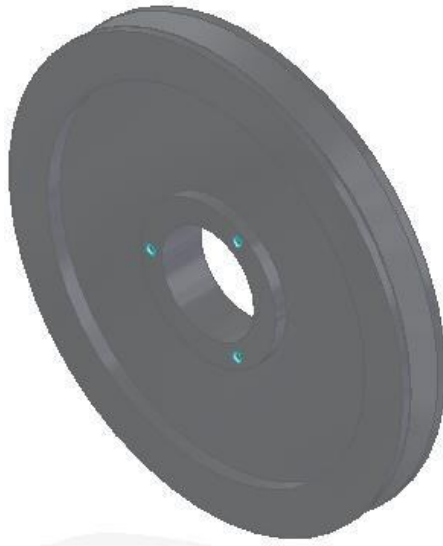
Buje para la polea 1 de la etapa 1



Nota. Diseño elaborado en el software Solid Edge

Figura 95.

Polea 1 de la etapa 1



Nota. Diseño elaborado en el software Solid Edge

3.4.2.f. Polea 2 para la etapa 1: esta polea tendrá el mismo diámetro exterior que la polea del motor debido a que la segunda polea en esta etapa solo reduce una tercera parte de la velocidad del motor y además se necesita reducir aún más la velocidad del motor hacia los rodillos, teniendo en cuenta que es de 155 mm de diámetro exterior y de tipo B, con base a esta información se tiene en cuenta la nomenclatura de la figura 82 y se selecciona la polea con las siguientes dimensiones de diseño.

Tabla 57

Dimensiones para la polea 2 de la etapa 1

1 CANAL									
Ancho (F) = 25.4 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
6.1	155	PQ 1B155	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.4
6.3	160	PQ 1B160	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.6
6.5	165	PQ 1B165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.8
6.7	170	PQ 1B170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.0
6.9	175	PQ 1B175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.4

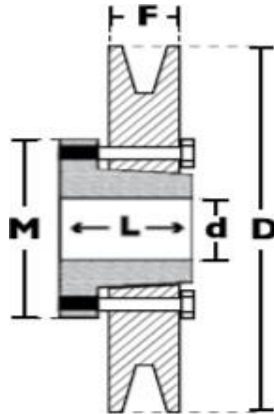
Nota. En esta figura se muestran las dimensiones relacionadas con el diámetro exterior de 155 mm. Tomado de: Intermecc. Disponible en:

<https://www.intermec.com.co/>

Ahora siguiendo el mismo mecanismo anteriormente se escoge el modelo de diseño a trabajar de acuerdo al diámetro exterior, para este caso se muestra en la tabla 57 que es el modelo T1, el cual es el siguiente.

Figura 96.

*Modelo para el
diseño de la polea 2
de la etapa 1*



Modelo T1

Nota. Este será el modelo con el que se diseñara la polea de la etapa 1.

Tomado de:

Intermec.

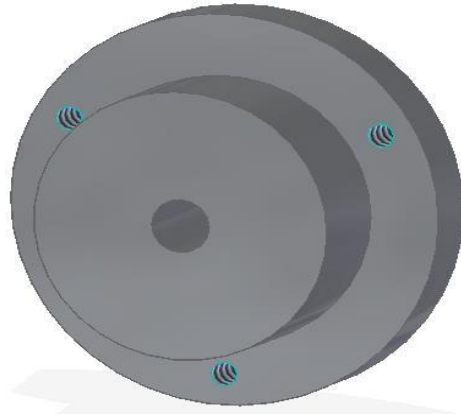
Disponible en:

<https://www.intermec.com.co/>

Para la geometría de los dientes nuevamente se utiliza información de la tabla 55 ya que corresponde al mismo diámetro de la polea del motor y por lo tanto será el perfil a diseñar en esta polea. Por otro lado como se puede observar en la tabla 57 también se usa para este tipo de poleas el buje SDS lo cual se llevara a cabo con las mismas medidas establecidas en la tabla 53 con la variedad del diámetro interno que para este caso es de 12 mm.

Figura 97.

Buje para la polea 2 de la etapa 1



Nota. Bujes SDS diseñado enSolid Edge

Figura 98.

Polea 2 para la etapa 1



Nota. El diseño de esta polea fue realizado en el software Solid Edge

3.4.2.g. polea para el eje de vibración: el eje de vibración tendrá un diámetro de 12 mm el cual se normalizo mediante el diámetro del rodamiento y con una longitud de 110 mm para que pueda estar sujetado mediante una chumacera a un marco.

Figura 99.

Eje de vibración



Nota. Eje donde estará conectado con la polea y el contrapeso.

La polea permitirá producir la vibración mediante un contrapeso, para el diseño de esta polea se tiene en cuenta la nomenclatura de la figura 82, ya que este tendrá un solo canal y su diámetro será el mínimo presentado por el catálogo, el cual es de 80 mm, por lo que la nomenclatura para esta polea es de PQ 1B 80, para las dimensiones se tendrán en cuenta las siguientes especificaciones.

Tabla 58.

Dimensiones para la polea del eje de vibración

1 CANAL									
Ancho [F] = 25.4 mm									
Diámetro Exterior [D]		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cuñero estándar [d]		Longitud del Buje en mm [L]	Diámetro del buje en mm [M]	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
3.1	80	PQ 1B80	JA	25,4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1B85	JA	25,4	1	27	50	T1	1.1
3.5	90	PQ 1B90	JA	25,4	1	27	50	T1	1.1
3.7	95	PQ 1B95	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1.2
3.9	100	PQ 1B100	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1.3

Nota. Dimensiones para poleas de un solo canal tipo B. Tomado de: Intermecc.

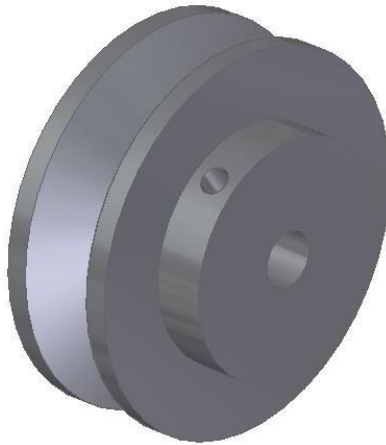
Disponible en: <https://www.intermec.com.co/>

El modelo para este diseño recomendado por el catalogo es el modelo T1 en el que se muestra en la figura 96 y para el diámetro interno será de 12 mm el cual corresponde al eje de vibración.

Con base al perfil del canal que tendrá esta polea se utilizara la información de la tabla 55, ya que tiene un diámetro exterior menor 180 mm por lo que se utilizaran los mismos valores para diseñar el perfil. Cabe destacar que esta polea a diferencia de las otras tendrá una manzana de 2 cm ya que en la parte superior tendrá un agujero de 6 mm en el cual estará un tornillo que tomará el papel del contrapeso para generar la vibración del sistema de selección.

Figura 100.

Polea del eje de vibración



Nota. Polea correspondiente al eje de vibración

3.4.3 Diseño del rodamiento

En el diseño del rodamiento se tomó como referencia el diámetro del eje de los rodillos, además para este cálculo se trabajará con un rodamiento de bolas ya que tienen buen soporte de carga radial, pero con base en esto se tuvo que calcular la capacidad de carga dinámica [42] de la siguiente manera.

Ecuación 48.

Capacidad de carga dinámica básica

$$C = P_d * \frac{f_L}{f_N}$$

Donde:

C = Capacidad de carga dinámica básica (N)

P_d = Carga de diseño (N)

f_L = Factor por duración

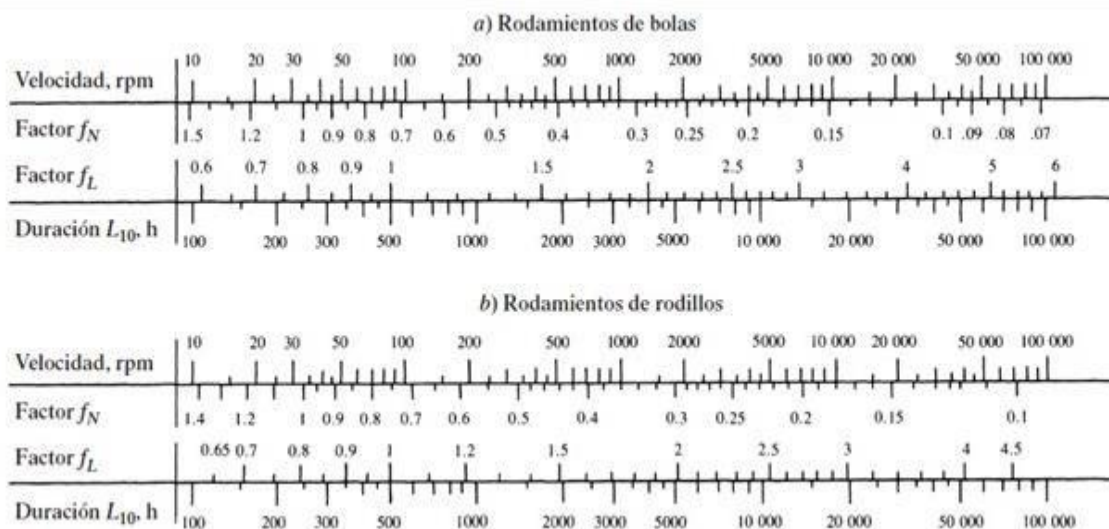
f_N = Factor por velocidad

Para poder hallar la carga de diseño primero se deben sumar las cargas a las que va a ser sometido este rodamiento, entre las que están la carga de la polea, el rodillo, el engranaje y el eje. Teniendo en cuenta que el peso nos lo suministro el software Solid Edge, obtuvimos una carga de 262,52 N y esta misma carga corresponderá al valor de la carga de diseño.

Sin embargo para poder hallar el factor por duración se debe conocer el valor de las revoluciones por minuto que debe tener el eje del rodillo, este valor corresponde a 500 rpm ya que esta velocidad se utilizó para el cálculo de las poleas. Enseguida se observa una gráfica en la que se representa la velocidad en revoluciones por minuto y el factor por duración, así como también se representa el factor por velocidad y la duración del rodamiento. [42]

Figura 101.

Factores por velocidad y duración de rodamientos



Nota. Como se puede observar en la figura el tipo de rodamiento a elegir es el rodamiento de bolas. Tomado de: Diseño de elementos de máquinas Robert Mott

Para la duración del rodamiento según la aplicación que para nuestro caso es una máquina de tipo agrícola entonces mediante la siguiente figura se obtuvo el valor para la duración. [42]

Tabla 59.

Duración recomendada para rodamientos

Aplicación	Duración de diseño L ₁₀ , h
Electrodomesticos	1000-2000
Motores de aviación	1000-4000
Automotores	1500-5000
Equipo agrícola	3000-6000
Elevadores , ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiple	8000-15000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general	20000-30000
Bombas y compresores	40000-60000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h	100000-200000

Nota. Para equipo agrícola se tiene un valor de duración de 3000-6000 por lo que se escogerá el valor inferior, ya que no requiere de mucho tiempo de operación. Tomado de: Diseño de elementos de máquinas Robert Mott

Teniendo en cuenta esta información ya se procede a la elección de los factores, dando un resultado de 0,41 para el factor por velocidad ya que interceptando el valor de las 500 rpm a la línea del factor por velocidad nos da aproximadamente ese valor, mientras que para el factor por duración es de 1,81 interceptando con el valor de duración de 3000 obtenemos aproximadamente este resultado. A continuación se realiza el cálculo con la ecuación 45 para hallar la capacidad de carga básica dinámica.

$$C = 262,52 N * \frac{1,81}{0,41}$$

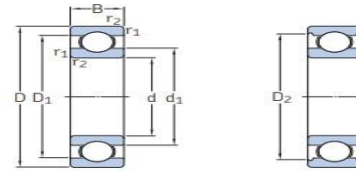
$$C = 1158,93 N$$

Con base a esta carga dinámica ya podemos seleccionar un rodamiento que cumpla con esta característica, para esto nosotros elegimos un catálogo de rodamientos de la empresa SKF el cual brinda esta información. El rodamiento tendrá un diámetro interno de 12 mm en el cual se tiene la siguiente información [47].

Tabla 60.

Rodamientos comerciales

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad (límite ¹)
mm			kN		kN	r. p. m.	
12	21	5	1,74	0,915	0,039	—	20 000
	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	36 000
	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	43 000

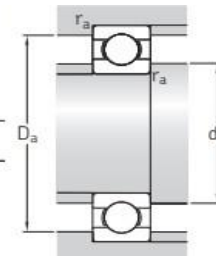


Nota. Ya que la carga dio 1,16 kN se normalizo a la carga del catálogo que en este caso es de 1,74 seleccionado los valores de la primera columna. Tomado de: SKF. Disponible en: <https://www.skf.com/co>

Tabla 61.

Especificaciones geométricas del rodamiento

Dimensiones						Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo			
d	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.
mm						mm			
12	—	14,1	—	19	0,3	13,6	13,8	19	0,3
	14,8	—	—	19	0,3	14	14,7	19	0,3
	14,8	—	18,3	—	0,3	14	—	19	0,3



Nota. Dimensiones de radios para el rodamiento. Tomado de: SKF. Disponible en: <https://www.skf.com/co>

A continuación se realiza el sólido del rodamiento mediante el software Solid Edge representado de la siguiente forma.

Figura 102

Rodamiento para el sistema de transmisión



Nota. Rodamiento de 8 bolas generado en el software Solid Edge

3.5 Sistema de control y eléctrico

Para este sistema se debe tener en cuenta los componentes principales para el arranque del motor entre los cuales se encuentra la línea de alimentación, el guarda motor trifásico, un contactor principal, cables de conexión y el relé térmico.

Teniendo en cuenta que el motor seleccionado tiene una potencia de 2,2 kW y que trabaja a una tensión de 220 V, se selecciona un arrancador el cual contiene un contactor y un relé térmico que trabaja a 220 V con una frecuencia de 50 a 60 Hz. [48]

Tabla 62.

Especificación técnica del arrancador

REFERENCIA	MODELO	CORRIENTE	CONTACTOR(220V)	MATERIAL
06004	CAE1-D093	2.5 - 4A	00122 LC1-D12	Plástico
06006	CAE1-D123	4 - 6A		
06008		5.5 - 8A		
06010		7 - 10A		
06013	CAE1-D185	9 - 13A	00182 LC1-D18	
06018	CAE1-D255	12 - 18A	00252 LC1-D25	
06025		17 - 25A		
06032		23 - 32A	00322 LC1-D32	

Nota. La referencia a utilizar es la 06008, debido a la intensidad nominal del motor. Tomado de: Industrias Asociadas. Disponible en: <https://www.industriasociadas.com/brand/ebchq/>

A continuación, se observa el arrancador para el motor

Figura 103.
Arrancador.



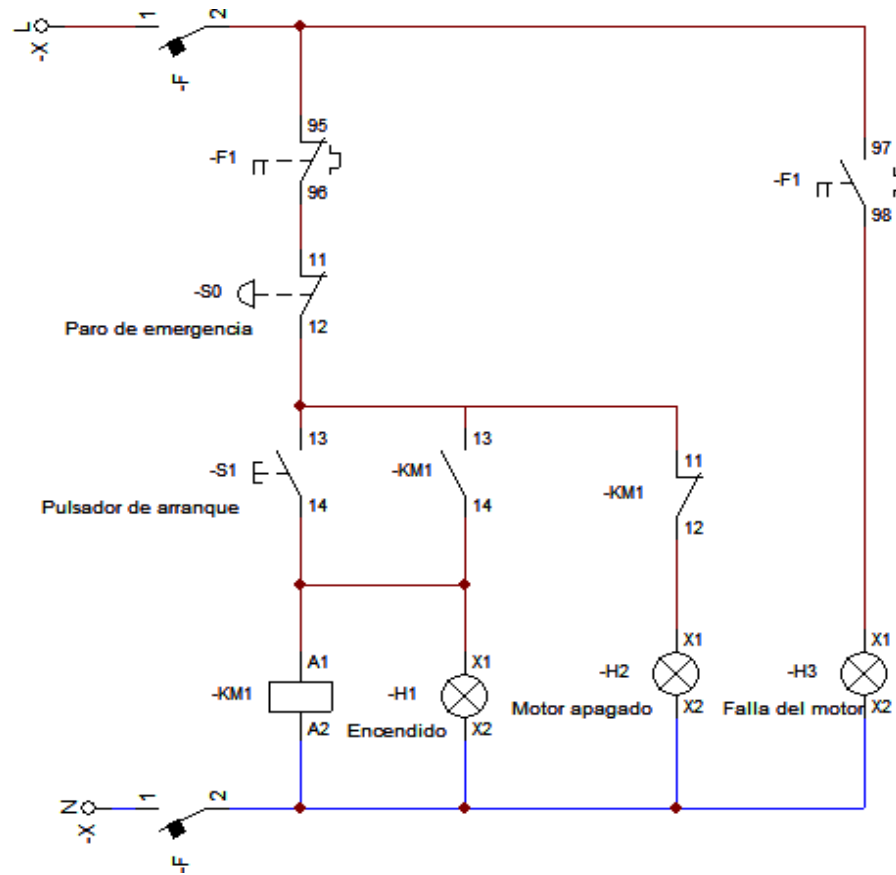
Nota. Arrancador de la marca EBCHQ Tomado de: Industrias Asociadas. Disponible en. <https://www.industriasociadas.com/brand/ebchq/>

En el cableado de este sistema se utiliza lo que son cableados trifásicos tripolares en el cual se utilizan tres conductores: gris, marrón y negro.

Antes de poder explicar el procedimiento el arranque se diseñó el esquema de control para el arranque del motor, el cual se elaboró en el software CADe SIMU. A continuación se muestra el esquema realizado en la figura 104.

Figura 104.

Esquema de control para el arranque del motor

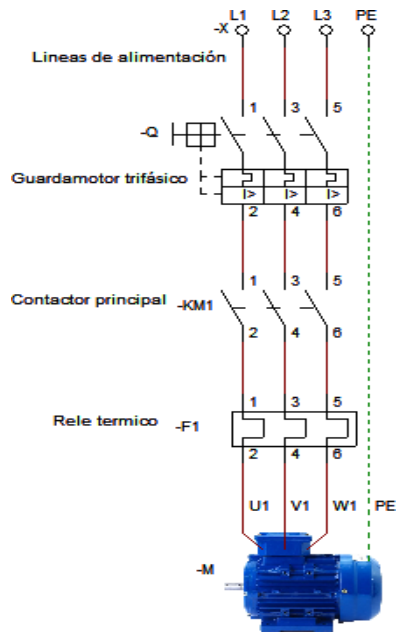


Nota. El cableado en azul hace referencia al cableado neutro y el vino tinto al cableado de fase

Para poder explicar detalladamente el proceso de arranque y paro del motor se utiliza el esquema eléctrico de potencia, ya que se muestra la conexión cableada de los elementos que se mencionaron anteriormente representándolos en la figura 104 mediante el software CAdE SIMU.

Figura 105.

Esquema eléctrico de potencia

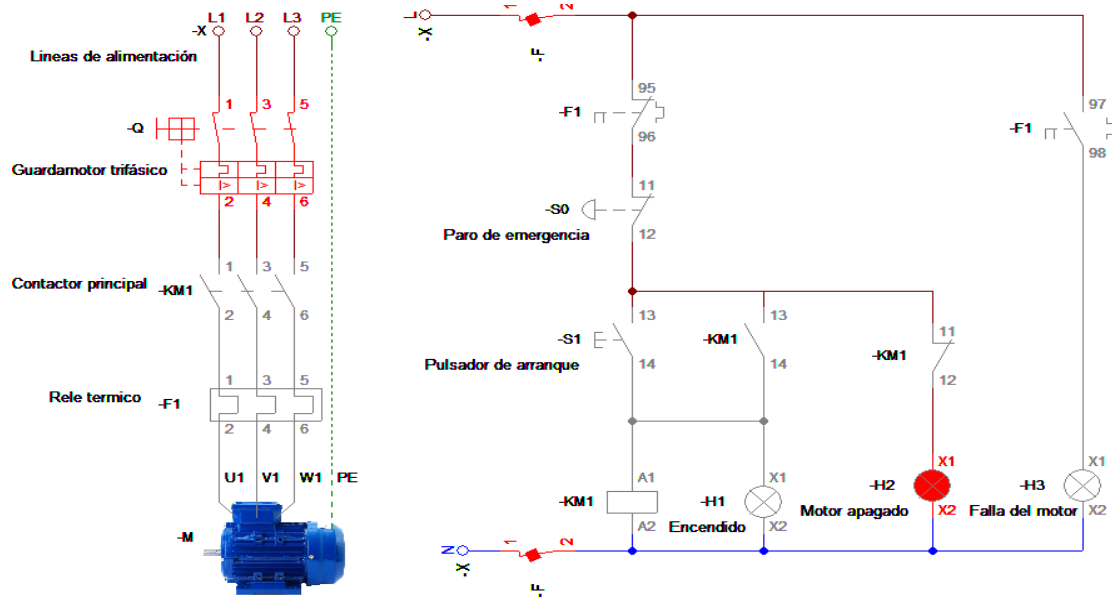


Nota. Representación de lógica cableada mediante el software CADe SIMU

A continuación se simula el proceso en el programa para tener una mejor perspectiva del procedimiento.

Figura 106.

Simulación del motor apagado

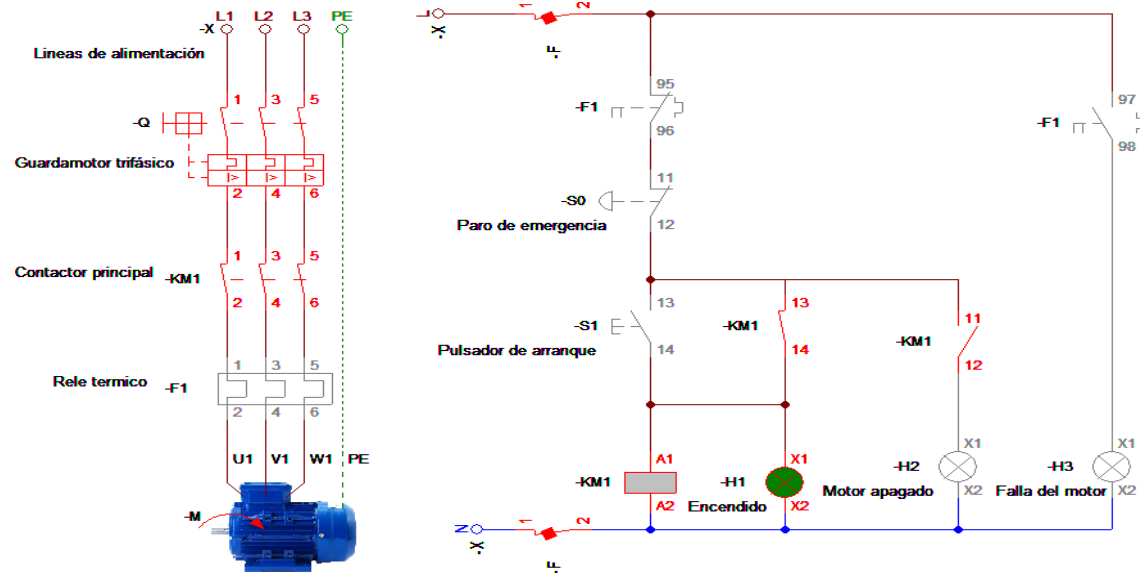


Nota. Activación del guarda motor

Primero se activa lo que sería el guarda motor y la protección que se representa con la letra -F, una vez activado envía corriente al sistema pasando por un contacto normalmente cerrado del relé térmico y en serie con el contacto normalmente cerrado del pulsador de paro de emergencia, llegando al contacto normalmente cerrado del contactor principal y finalizando con una bombilla de color rojo, el cual está indicando que el motor se encuentra apagado. A continuación se procede a accionar el pulsador de arranque, ya que una vez accionado envía una señal al relé -KM1 y se activan los contactos asociados a este relé, permitiendo el paso en la segunda línea del esquema específicamente el contacto normalmente abierto paralelo al pulsador de arranque, una vez accionado se enciende la bombilla verde la cual indica que está encendido el motor.

Figura 107.

Encendido del motor



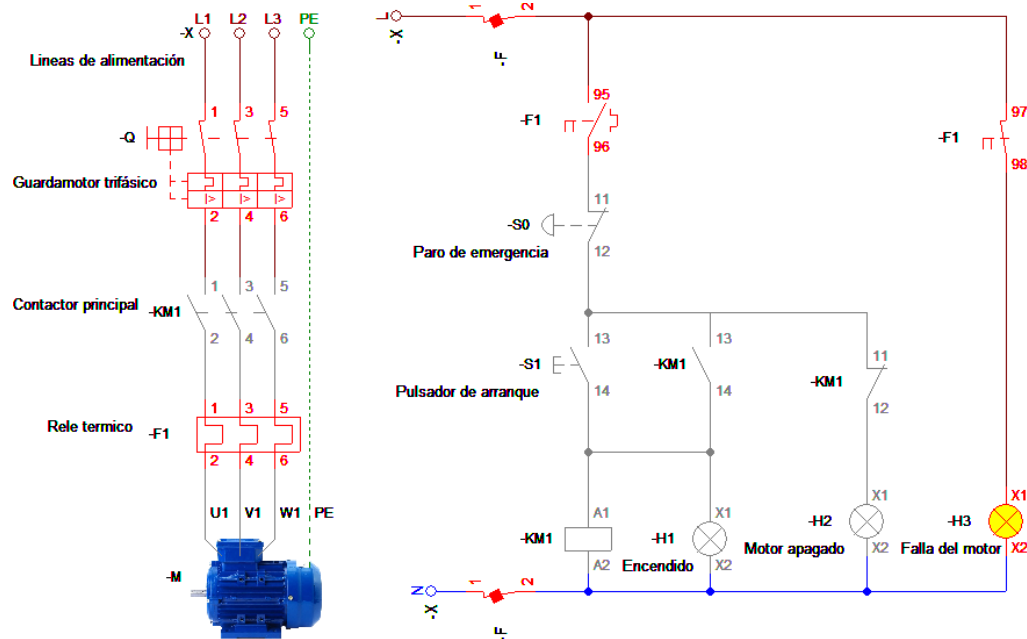
Nota. Como se observa el contacto -KM1, 11-12 esta normalmente abierto debido al accionamiento del relé -KM1

En caso de que se requiera hacer un paro de emergencia se efectúa accionando el pulsador -S0 el cual detendrá al motor, nuevamente desactivando el relé asociado con el motor, es decir el relé -KM1 encendiendo la bombilla roja indicando que el motor está apagado.

En caso de presentar alguna falla en el motor se representa mediante el contacto normalmente abierto del relé térmico, cuando este falla se cerrará el contacto normalmente abierto enviando una señal a una bombilla de color amarillo, la cual indica que el motor tiene un sobrecalentamiento y a su vez produce el paro automático del motor gracias a que se encuentra un contacto normalmente cerrado en la primera línea del accionamiento del motor.

Figura 108.

Simulación de falla en el motor

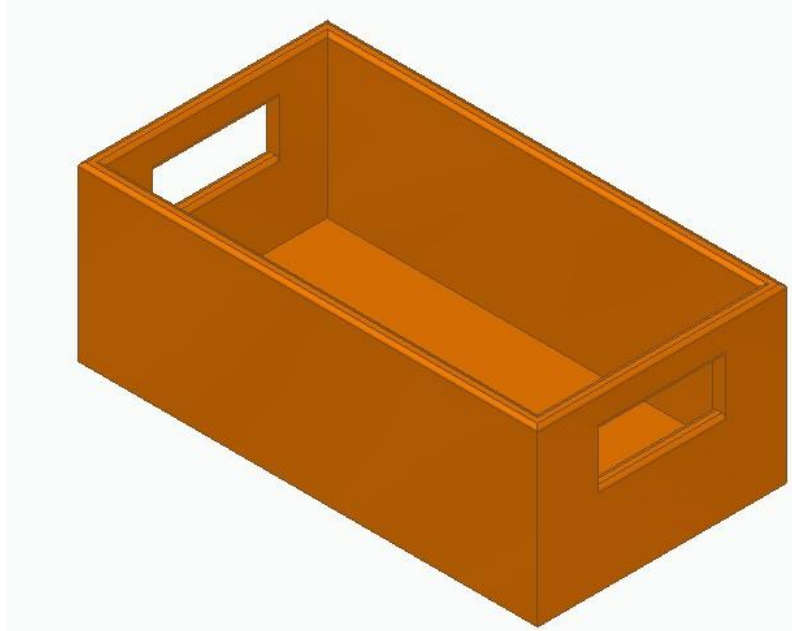


Nota. Activación de la falla del motor

3.6 Sistema de almacenamiento

En este sistema se diseñó un contenedor con unas dimensiones de 36 cm de longitud, un ancho de 19,5 cm y un espesor de 1 cm. Este además tendrá a sus extremos un agarre para poder retirar el producto obtenido de la máquina. El contenedor estará situado después de la placa deslizante, ya que una vez pasen los granos a través de esta placa caerán directamente hacia el contenedor. Enseguida se muestra el diseño del contenedor generado mediante el software Solid Edge.

Figura 109.
Contenedor



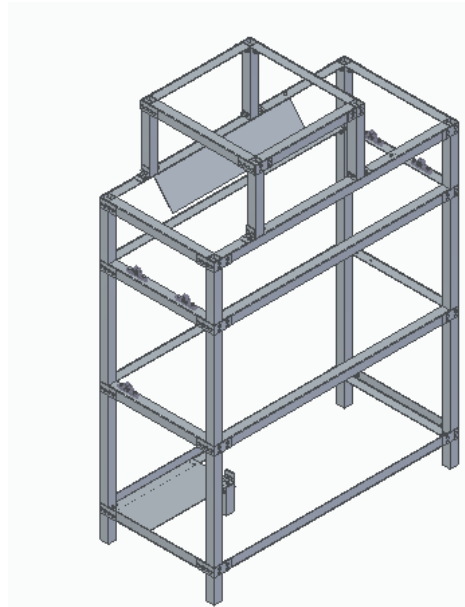
Nota. Se diseñó un agarre cuadrangular de 10 cm de ancho por 4cm de alto con redondeos de 3 mm.

3.7 Sistema estructural

Para este sistema se tuvieron vigas de dos perfiles para los que se van a someter a diferentes cargas, primero se realizara el estudio de estos perfiles por medio del software MD Solids y analizar el esfuerzo al que está sometido y posteriormente evaluar si el material seleccionado es el adecuado para poder soportar las cargas de la máquina. Primero se analizará la estructura de soporte de la tolva, ahora se selecciona el material a trabajar el cual es el acero A36, ya que es adecuado para estructuras, el perfil a analizar es tipo L o doblado. Enseguida se realizará el cálculo para esta viga.

Figura 110.

Estructura de la máquina

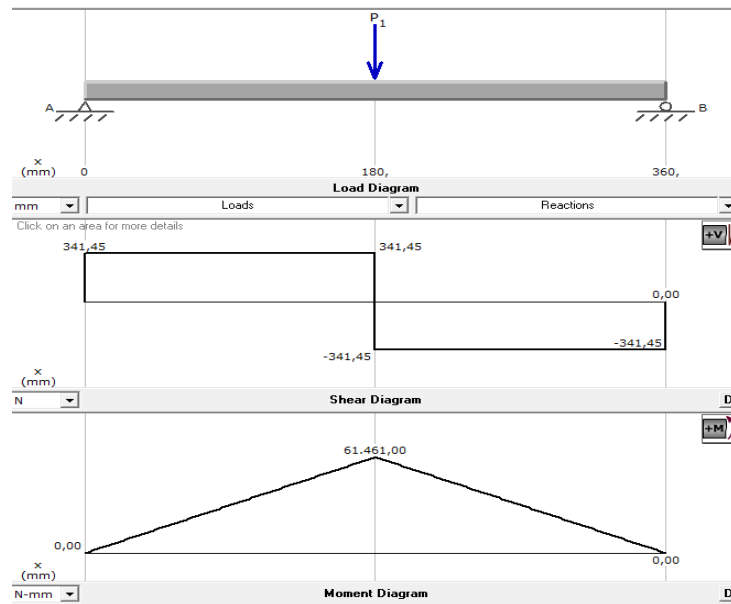


Nota. Diseño de la estructura elaborada mediante el software Solid Edge

Los puntos críticos en la estructura son donde va la tolva soportada y las vigas donde están soportados los rodillos. A continuación, se realiza la simulación mediante MD Solid para las vigas que soportan la tolva.

Figura 111.

Análisis estructural del soporte de la tolva



Nota. La viga se sometió a una carga puntual de 682,9 N

Como se puede observar en la figura 111 el valor para la fuerza cortante corresponde a 341,45 N y un momento de 61461 Nmm. Ahora se emplea el esfuerzo normal por flexión el cual se menciona en la ecuación 49.

Ecuación 49.

Esfuerzo normal por flexión

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Donde:

σ = Esfuerzo por flexión (Pa)

M = Momento flector máximo (Nm)

S = Módulo de sección (m^3)

Teniendo en cuenta que se escogió el acero A36 con un esfuerzo admisible de 250 MPa. Ahora se procede a despejar el módulo de sección de la ecuación 49.

$$S_r = \frac{M}{r_{adm}}$$

Donde:

$S_r =$ Modulo de sección requerido mm^3

El factor de seguridad tendrá un valor de $FS=2$ y se procede a reemplazar la ecuación 7 en la ecuación 49.

$$S_r = \frac{M}{\frac{f_{fluencia}}{FS}}$$

$$S_r = \frac{61461 \text{ Nmm}}{\frac{250 \text{ MPa}}{2}}$$

$$S_r = 4,9168 \times 10^{-4} mm^3$$

El módulo para seleccionar la viga es de $4,9168 \times 10^{-4} mm^3$, con el cual se toma para poder verificar en el catalogo [49]

Tabla 63

Especificaciones generales para perfiles de vigas

Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									lx	Wx	rx	ly	Wy	ry	lu	Wu	ru	lv	Wv	rv
									cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57

Nota. El perfil que se va a trabajar es el L 30x2. Tomado de: Dipacmanta

Disponibile en: <http://www.dipacmanta.com/perfiles/angulos-nacionales>

Como se puede observar en la tabla 63 aparece un módulo en el eje “x” de 0,46 y en el eje “y” de 0,46, para hallar la magnitud del módulo se calcula de la siguiente manera.

Ecuación 50.

Magnitud del módulo para vigas

$$s = \sqrt{w_x^2 + w_y^2}$$

Reemplazando los valores anteriormente mencionados se obtiene

$$s = \sqrt{(0,46 \text{ cm}^3)^2 + (0,46 \text{ cm}^3)^2}$$

$$s = 0,65 \text{ cm}^3 \cong 650 \text{ mm}^3$$

Se selecciona este perfil con un módulo de 650 mm^3 , dando a entender que se cumple la siguiente expresión.

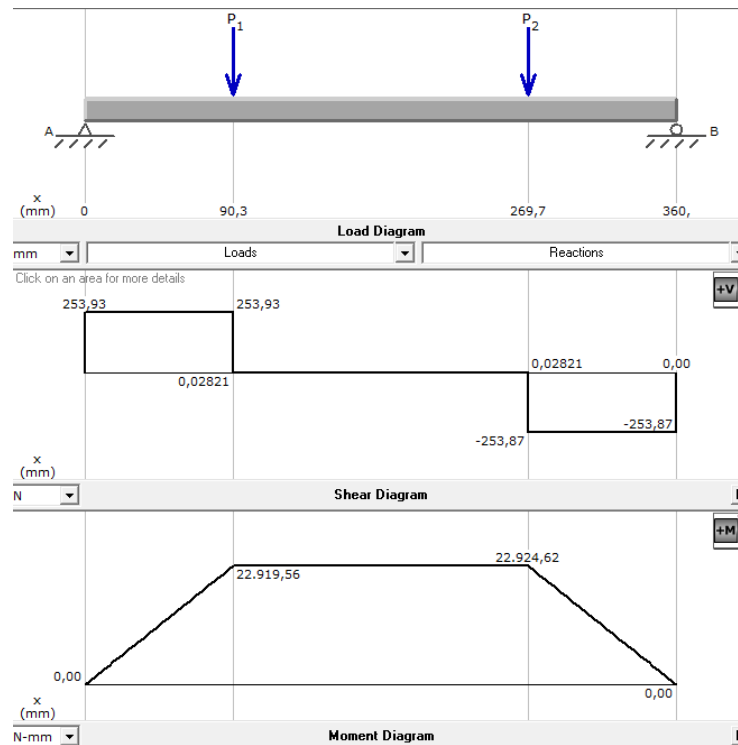
$$S \geq S_r$$

$$650\text{mm}^3 \geq 4,9168 \times 10^{-4} \text{mm}^3$$

A continuación, se realiza este mismo análisis para las vigas donde soportaran la estructura de los rodillos.

Figura 112.

Análisis estructural del soporte de los rodillos



Nota. Simulación realizada mediante el software MDSolids

Las cargas puntuales P1 y P2 son de 253,9 N ya que es la carga máxima que se encuentran en estos puntos. El valor de la fuerza cortante fue de 253,93 N y el valor para el momento flector máximo fue de 22924,62 Nmm. A continuación, se procede a realizar el cálculo del módulo requerido. Con esto se utiliza la ecuación 49 de la siguiente manera.

$$S_r = \frac{M}{\frac{r_{fluencia}}{FS}}$$

Ahora conociendo que el material a emplear es el acero A36 con un esfuerzo admisible de 250 MPa y que el factor de seguridad que se utilizara es de 2 se obtiene.

$$S_r = \frac{22924,62 \text{ Nmm}}{\frac{250 \text{ MPa}}{2}}$$

$$S_r = 1,8339 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$$

Conociendo que el modulo requerido para la viga es de $1,8339 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ y sabiendo que el módulo de la viga por catálogo dio un valor de 650 mm^3 , el modulo requerido cumple con la siguiente expresión.

$$S \geq S_r$$

$$650 \text{ mm}^3 \geq 1,8339 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$$

3.7.1 Relación de esbeltez y la resistencia del diseño

Se eligió un perfil para las columnas (patas o soportes) y para que estas no sufran de pandeo, se utilizara la relación de esbeltez y la resistencia del diseño y de los elementos sometidos a compresión. Se analizará una de las columnas de la estructura ya que tienen el mismo nivel de criticidad y soportaran la misma carga de las vigas en "L", los sistemas de alimentación, su estructura, las poleas, ejes y el sistema de separación, etc.

Teniendo en cuenta cuales son las cargas que tendrá la viga se procede a calcular la masa total que soportará esta.

Ecuación 51

Masa total

$$m_{total} = m_{Vigas} + m_{tolva} + m_{estructua\ tolva} + m_{poleas} + m_{eje} + m_{sist\ separacion} + m_{garbanzo}$$

Se reemplaza todos estos valores dando así un valor de masa total.

$$m_{total} = 8,666 \text{ kg} + 10,104 \text{ kg} + 2,890 \text{ kg} + 8,803 \text{ kg} + 0,124 \text{ kg} + 46,189 \text{ kg} + 50 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 126,776 \text{ kg}$$

La carga total entonces seria de la siguiente forma utilizando la ecuación 5

$$W_{total} = m_{total} * g$$

$$W_{total} = 126,776 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{total} = 1243,67 \text{ N}$$

Esta carga se dividirá en 4 ya que serán 4 las columnas que tendrá la máquina dando así un valor de $310,9 \text{ N}$ y este es el valor de carga al cual estará sometido cada columna. Se procede a calcular el valor y relación de esbeltez de cada columna.

Ecuación 52

Relación de esbeltez

$$Re = \frac{k * L}{r} \leq 200$$

Donde:

Re = Relación de esbeltez

k = Factor de longitud efectiva

L = Longitud del elemento (m)

r = Radio de giro de la sección transversal (m)

El radio de giro se encuentra en la tabla 64 dando un valor de 1,12 cm [50], el cual tiene dimensiones de 30x30 y se reemplazará posteriormente en la ecuación.

Tabla 64

Catálogo de tubos estructural perfil cuadrado


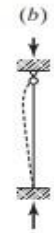








Dimensiones H x B (mm)	Espesor S (mm)	Masa M (kg/m)	Área de la sección A (cm ²)	Momento de inercia J (cm ⁴)	Radio de giro I (cm)	Módulo de flexión elástico W (cm ³)	Módulo de flexión plástico Wp (cm ³)	Constantes de torsión		Área superficial por metro lineal m ² / m	Largo (") aprox. por t (m)
								Jv (cm ⁴)	Wv (cm ³)		
20x20	2,0	1,12	1,42	0,76	0,73	0,76	0,95	1,22	1,07	0,076	893
	2,5	1,32	1,72	0,87	0,71	0,88	1,12	1,41	1,21	0,075	741
25x25	2,0	1,41	1,82	1,59	0,94	1,27	1,56	2,52	1,81	0,096	700
	2,5	1,71	2,22	1,85	0,91	1,48	1,86	2,97	2,09	0,095	574
	3,0	2,04	2,60	2,06	0,89	1,65	2,12	3,36	2,31	0,094	490
	3,2	2,15	2,74	2,14	0,88	1,71	2,21	3,49	2,38	0,093	466
30x30	2,5	2,11	2,72	3,40	1,12	2,27	2,79	5,40	3,22	0,115	469
	3,0	2,47	3,20	3,84	1,10	2,56	3,21	6,17	3,61	0,114	399
	3,2	2,61	3,38	4,00	1,09	2,67	3,37	6,45	3,75	0,113	378

Nota. Se muestra las características de los tubos estructurales de perfil cuadrado. Tomado de: Manni Sipre. Disponible en: http://www.mannisipre.com/wp-content/uploads/2015/05/T.S._MS_1_12_2013_ES.pdf

El factor de longitud efectiva se encontrará en la figura 110, según la unión de los extremos del elemento. [51]

Figura 113

Factor de longitud efectiva

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	 Rotación y traslación impedidas  Rotación libre y traslación impedida  Rotación impedida y traslación libre  Rotación y traslación libres					

Nota. Se muestra el factor de longitud efectiva según su tipo de unión. Tomado de Diseño de estructuras de acero MCCORMAC

En el este caso se tomará un valor de factor de longitud efectiva de 0,5 ya que el elemento esta empotrado en ambos extremos.

Reemplazando todos los valores en la ecuación 52, se obtiene lo siguiente.

$$Re = \frac{0,5 * 1,33 \text{ m}}{0,0112 \text{ m}}$$

$$Re = 59,375$$

$$59,375 \leq 200$$

La ecuación de esbeltez muestra que es un valor inferior a 200, concluyendo que la columna no tendrá ningún tipo de pandeo y el perfil seleccionado es el adecuado.

Se procederá a calcular el esfuerzo por pandeo crítico donde se determinará si es una columna larga o corta.

Ecuación 53.

Factor de determinación de columna

$$\lambda = \frac{K * L}{\pi * r} * \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

Donde:

λ = Factor de determinación de columna.

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud del elemento (m)

r = Radio de giro de la sección transversal (m)

σ_y = Esfuerzo a fluencia del material elegido (Pa)

E = Modulo de elasticidad (Pa)

Para el acero estructural el módulo de elasticidad es de 200 GPa

Reemplazando los valores en la ecuación 53 se obtiene.

$$\lambda = \frac{0,5 * 1,33 \text{ m}}{\pi * 0,0112 \text{ m}} * \sqrt{\frac{250 \times 10^6 \text{ Pa}}{200 \times 10^9 \text{ Pa}}}$$

$$\lambda = 0,668$$

Si $\lambda \leq 1,5$ la columna es corta

Si $\lambda \geq 1,5$ la columna es larga

En este caso el valor de factor de determinación es menor que 1,5, la columna es corta, entonces para el estudio de esfuerzo critico de pandeo es el siguiente.

Ecuación 54.

Esfuerzo critico de pandeo

$$\sigma_{cr} = (0,658^{\lambda^2}) * \sigma_y$$

Reemplazando los valores este valor de:

$$\sigma_{cr} = (0,658^{0,668^2}) * 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cr} = 211,16 \text{ MPa}$$

Entonces la resistencia de diseño de los elementos sometidos es la siguiente

Ecuación 55.

Resistencia de diseño

$$R_d = \phi * A_g * \sigma_{cr}$$

Donde:

R_d = Resistencia por de diseño (N)

ϕ = Resistencia a la compresión 0,9

A_g = Área bruta de la sección transversal (m^2)

El área bruta es de $1,65 \text{ cm}^2$, conociendo este valor se procede a reemplazar la ecuación 55.

$$R_d = 0,9 * 1,65 \times 10^{-4} m^2 * 211,6 \text{ MPa}$$

$$R_d = 31422,6 \text{ N}$$

La resistencia cumple la siguiente relación

$$R_d \geq P_u$$

Donde.

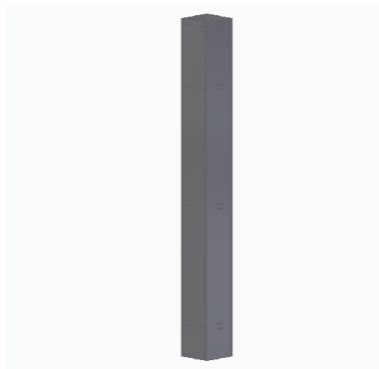
P_u = Carga que soporta la columna (N)

$$31422,6 \text{ N} \geq 310,9 \text{ N}$$

Se observa que la columna soporta la carga y no presenta pandeo, por lo tanto, esta columna es adecuada para el diseño.

Figura 114.

Columna de la estructura



Nota. Columna elaborada en el software Solid Edge.

3.7.2 Selección de tornillos

Se tendrá en cuenta donde se genera la mayor carga en la estructura y es en las uniones de la columna en la parte superior donde esta las uniones de las vigas en “L”, la tolva y el soporte de esta.

$$m_{total} = m_{Vigas} + m_{tolva} + m_{estructua\ tolva} + m_{garbanzo}$$

$$m_{total} = 8.666 \text{ kg} + 10,104 \text{ kg} + 2,890 \text{ kg} + 50 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 71,66 \text{ kg}$$

La carga que soporta los tornillos se calcula con la ecuación 5 y su valor es el siguiente:

$$W_{total} = m_{total} * g$$

$$W_{total} = 71,66 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{total} = 702,98 \text{ N}$$

Se divide entre 8 tornillos ya que son el número de tornillos que hay en esa parte de la estructura.

$$W_{tornillo} = \frac{702,98 \text{ N}}{8}$$

$$W_{total} = 87,87 \text{ N}$$

Se seleccionó el tornillo hexagonal rosca completa. [52]

Tabla 65

Catálogo de tornillo

TORNILLO HEXAGONAL ROSCA COMPLETA													DIN 933																																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="12">GRADO DE RESISTENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="12">8.8</td> </tr> <tr> <td colspan="12">10.9</td> </tr> <tr> <td colspan="12">12.9</td> </tr> </tbody> </table>											GRADO DE RESISTENCIA												8.8												10.9												12.9											
		GRADO DE RESISTENCIA																																																										
8.8																																																												
10.9																																																												
12.9																																																												
mm																																																												
Rosca	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30																																														
Paso	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5																																														
k	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8	10	11.5	12.5	14	15	17	18.7																																														
e	Grado A	7.66	8.79	11.05	14.38	18.9	21.1	24.49	26.75	30.14	33.53	35.72	35.98	45.2	50.85																																													
	Grado B	-	8.63	10.89	14.2	18.72	20.88	23.91	26.17	29.56	32.95	35.03	39.55	45.2	50.85																																													
S	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46																																														
L	8-40	8-40	8-50	12-60	16-60	20-80	25-80	30-100	30-100	40-100	50-100	50-100	60-100	70-100																																														

Nota. Se muestra diferentes tipos de rosca. Tomado de: Gestión de

Compras Disponible

en:

https://www.gestiondecompras.com/files/products/mechanical_components_hardware/pernos_tornilleria_tuercas_arandelas_varilla_roscada_din_933_934_7989_125_127_4034_975_555_iso.pdf

Se tiene que cumplir la siguiente relación:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

Donde

$F_{v,Ed}$ = Solicitante del cortante (N)

$F_{v,Rd}$ = Resistencia cortante del tornillo (N)

La solicitante del cortante en el análisis de la carga que estará sometido el tornillo fue calculada anteriormente.

$$F_{v,Ed} = 87,87N$$

La resistencia a la cortante del tornillo teniendo en cuenta que la resistencia es de 10,9, se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 56.

Resistencia a la cortante del tornillo

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Donde:

f_{ub} = Resistencia a la tracción del tornillo (N/mm²)

A_s = Área superficial del tornillo (mm²)

γ_{Mb} = Coeficiente de seguridad

Tabla 66

Valores de limite elástico y resistencia a la tracción

Valores nominales del limite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Nota. Se muestra el valor de resistencia y limite elástico. Tomado de: Ingemecánica.

Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>

El área del tornillo se calcula con el área de un círculo, sabiendo que es M5 se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 57.

Área de un círculo.

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

Donde:

A = Área de un círculo mm

r = Radio de un círculo mm

Entonces se procede a reemplazar en la ecuación el radio.

$$A = \pi * (2,5 \text{ mm})^2$$

$$A = 19,635 \text{ mm}^2$$

El coeficiente de seguridad de los tornillos es de 1,25

Se procede a reemplazar los valores en la ecuación 58, para calcular la resistencia cortante del tornillo.

$$F_{v.Rd} = \frac{0,5 * 1000 \frac{N}{\text{mm}^2} * 19,635 \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_{v.Rd} = 7854 \text{ N}$$

Se puede observar que se cumple con la relación:

$$F_{v.Ed} \leq F_{v.Rd}$$

$$87,87 \text{ N} \leq 7854 \text{ N}$$

3.7.3 Análisis de la estructura con el software Solid Edge

Ahora se procede a realizar un análisis detallado por elementos finitos mediante el software de diseño Solid Edge, esto con el fin de verificar si la estructura con el material definido y anteriormente calculado, es el adecuado para el soporte de la máquina.

3.7.3.a. Desplazamiento de la estructura: Se puede evidenciar que el desplazamiento máximo de la estructura a la cual está sometida es de 0,363 mm, esto indica que el material calculado tanto para el soporte de la tolva como para el soporte de los rodillos es el adecuado.

Tabla 67

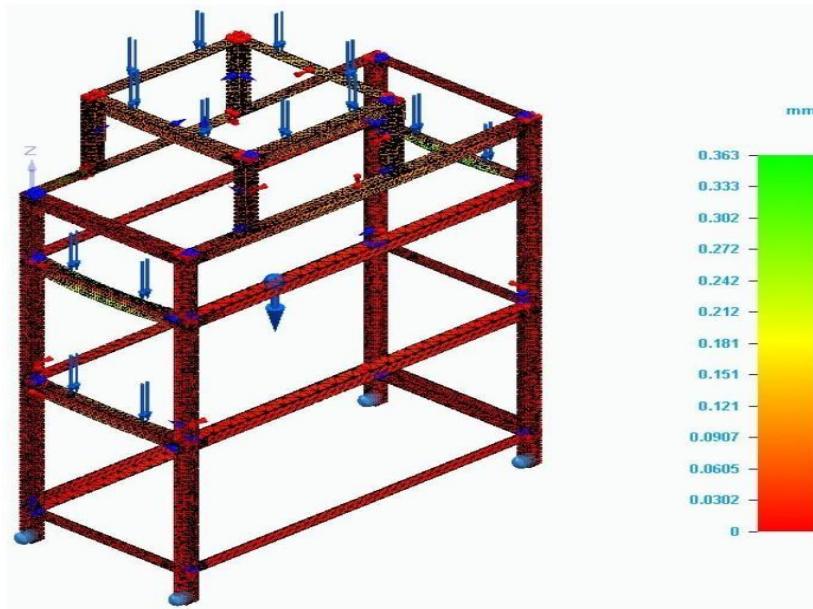
Resultado del desplazamiento de la estructura

Componente resultante: traslación total				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	0 mm	375.000 mm	-0.000 mm	-1095.330 mm
Máxima	0.363 mm	195.000 mm	15.000 mm	-200.000 mm

Nota. Resultados elaborados mediante la simulación del software Solid Edge

Figura 115.

Desplazamiento de la estructura de la máquina



Nota. Estudio de elementos finitos en base en SolidEdge

Como se puede observar el desplazamiento se encuentra entre los valores de 0 y 0,0302 mm, esto indica que la estructura tendrá un desplazamiento mínimo debido a las cargas efectuadas.

3.7.3.b. Esfuerzo de Von Misses: El esfuerzo esta entre 0.0175 MPa y 59.5 Mpa, es decir que este valor está por debajo del límite elástico del material empleado para las vigas el cual es de 250 MPa, esto indica que el material es el adecuado para el diseño estructural de la máquina.

Tabla 68

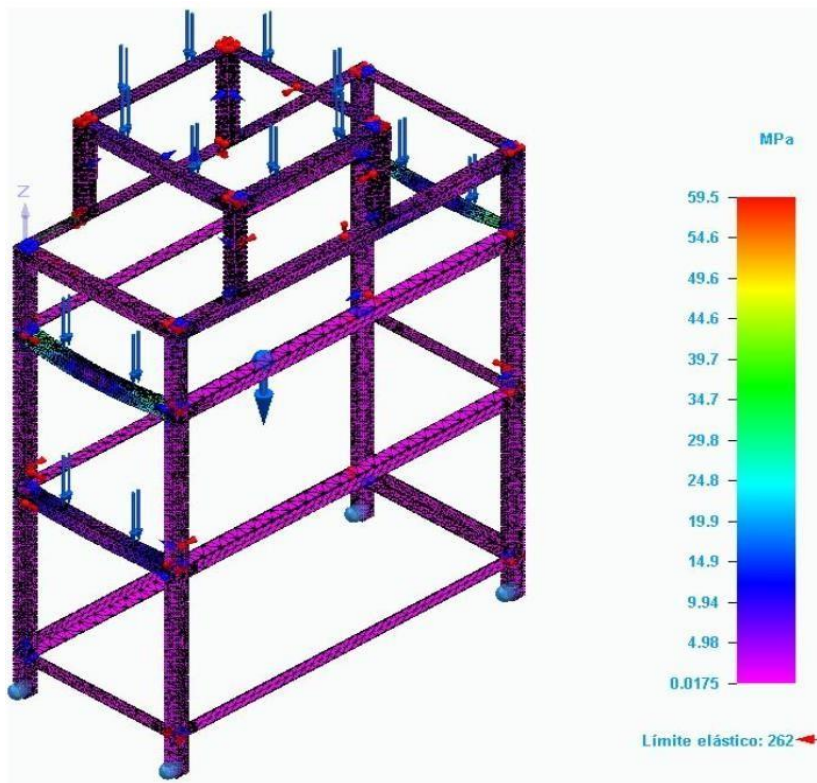
Resultados del esfuerzo de Von Misses

Componente resultante: Von Mises				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	0.0175 MPa	190.814 mm	885.000 mm	-603.710 mm
Máxima	59.5 MPa	375.000 mm	15.000 mm	-202.000 mm

Nota. Resultados elaborados mediante la simulación del software Solid Edge

Figura 116.

Esfuerzo de Von Misses de la estructura de la máquina



Nota. Análisis estructural por elementos finitos

En el esfuerzo de Von Misses de la estructura se puede observar que se encuentra en un límite elástico de 262 GPa ofreciendo una alta elasticidad.

3.7.3.c. Factor de seguridad de la estructura: Como se puede observar en la figura 117 el factor de seguridad mínimo es de 4,4 con esta información se puede concluir que las dimensiones y el material de la estructura son las adecuadas para la máquina.

Tabla 69.

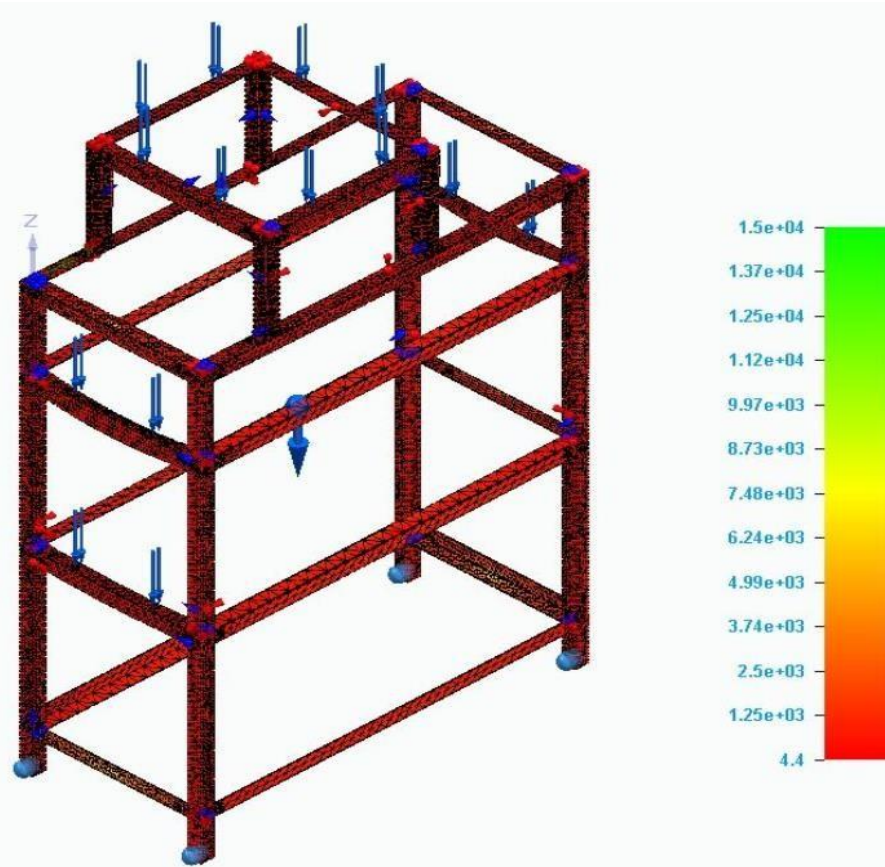
Resultados del factor de seguridad de la estructura.

Componente resultante: Factor de seguridad				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	4.4	375.000 mm	15.000 mm	-202.000 mm
Máxima	1.5e+04	190.814 mm	885.000 mm	-603.710 mm

Nota. Resultados elaborados mediante el software Solid Edge

Figura 117

Factor de seguridad de la estructura de la máquina



Nota. Elaboración del análisis mediante el software Solid Edge

3.7.4 Anclaje atornillable

Para poder tener un anclaje eficiente en la máquina se diseñó una placa de perfil cuadrangular, la placa está situada en cada columna en la parte inferior de esta y anclada mediante tornillos de M12, para la unión de la placa cuadrangular con la columna se hizo por medio de platinas de perfil en L para tener una mejor sujeción, el material de estos

tornillos es de acero estructural A36, el cual cuenta con un esfuerzo admisible de 250 MPa. A continuación, se realizan los cálculos para verificar si el material escogido es el adecuado para soportar el peso total de la máquina.

$$m_{máquina} = 90 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta la masa de la máquina se procede a calcular el peso que genera con la gravedad utilizando la ecuación 5.

$$W_{máquina} = m_{máquina} * g$$

$$W_{máquina} = 90 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{máquina} = 882,9 \text{ N}$$

Ahora para poder hallar el peso que genera el anclaje se divide el peso de la máquina entre 8, ya que es el número de anclajes que se encuentran en cada columna





$$W_{Anclaje} = \frac{882,9 \text{ N}}{8}$$

$$W_{Anclaje} = 110,3625 \text{ N}$$

Ahora se selecciona un tornillo para poder realizar el análisis de resistencia del tornillo [53].

Tabla 70.

Tornillo de anclaje

	Aprobaciones						Cabeza			Corrosión ¹		Tamaño ²		
	ICC-ES	ACI 355.2	FM	UL	COLA	Florida Building Code High Velocity Hurricane Zone	Anclaje de expansión	Con rosca interna	Perno hexagonal	Zinc galvanizado	Galvanizado en caliente	Acero inoxidable	Diámetro mínimo	Diámetro máximo
Anclaje de seguridad por autoexcavado HDA 	AC193	■			■		■			■	■	316	M10	M20
Anclaje de expansión para grandes cargas HSL-3 	AC193	■			■		■	■	■				M8	M24
Anclaje de expansión Kwik Bolt TZ (KB-TZ) 	AC193	■	■	■	■		■			■		304/ 316	3/8"	3/4"
Anclaje atornillable Kwik HUS-EZ (KH-EZ) 	AC193 AC106	■			■	■			■	■			1/4"	3/4"

Nota. Como se puede observar en el recuadro azul se utilizara este tornillo para el anclaje atornillable. Tomado de: Hilti. Disponible en: https://www.hilti.com.co/medias/sys_master/documents/h47/9195393089566/Informacion_tecnica_ASSET_DOC_LOC_5591124.pdf

Ahora para conocer el grado de resistencia de este tornillo, se utiliza nuevamente la tabla 60 en el que el grado de resistencia es 10.9, ya que estos se usan para altas resistencias. A continuación se utiliza la siguiente relación, la cual se debe cumplir y garantizar que el anclaje atornillable es el adecuado.

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

Donde la solicitante cortante debe ser menor o igual a resistencia del tornillo, primero se debe calcular por medio de la ecuación 58, la resistencia de diseño del tornillo.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_S}{\gamma_{Mb}}$$

Antes de calcular esta resistencia, se deben tener los valores de resistencia y limite elástico los cuales se encuentran en la tabla 66. Teniendo estos valores primero se calcula el área superficial por medio de la ecuación 57, sabiendo que se trabajara con un tornillo M12.

$$A = \pi * (6 \text{ mm})^2$$

$$A = 18,85 \text{ mm}^2$$

Ahora se procede a calcular la resistencia del tornillo seleccionado.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 1000 \frac{N}{\text{mm}^2} * 18,85 \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 7540 \text{ N}$$

$$110,3625 \text{ N} \leq 7540 \text{ N}$$

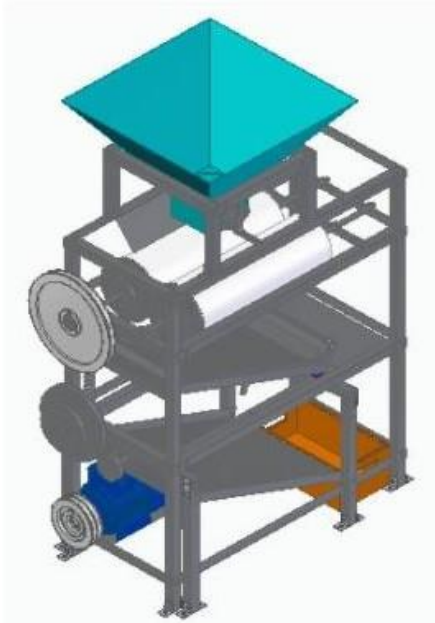
Como el solicitante cortante es menor que la resistencia del tornillo, esto quiere decir que el perno seleccionado es el adecuado para el anclaje de la máquina.

3.8 Máquina para separar los granos de garbanzo de la vaina de la especie Kabuli

Se muestra la composición general de la máquina y detalladamente en los planos, los sistemas que la componen.

Figura 118.

Máquina para separar los granos de garbanzo de la vaina de la especie Kabuli



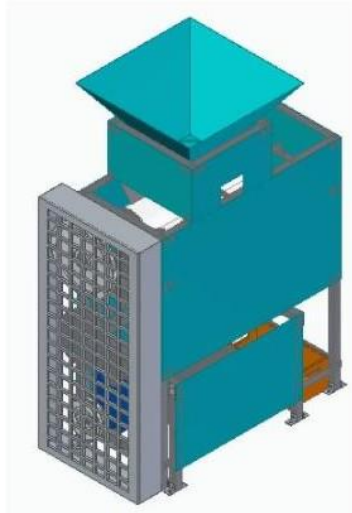
Nota: Se muestran los componentes de la máquina

3.8.1 Paredes y guarda poleas

Para poder garantizar la seguridad del personal se diseñó un guarda poleas en el cual su única función es proteger el sistema de transmisión de poleas y posteriormente evitar accidentes físicos. Por otro lado también se diseñaron las láminas de la máquina, la cual protege los elementos mecánicos, estas laminas son de Acero AISI A36, con las medidas exactas de los espacios a cubrir. Para el acabado de las láminas se utilizara un sistema epoxi-acrílico, que es utilizado para pintar las máquinas agrícolas que necesiten de resistencia a la oxidación y a la interperie, los productos más utilizados para esto son: imprimación epoxi fosfato de zinc que tiene un gran poder de cubriente y anticorrosivo, por otro lado está el esmalte acrílico poliuretano, que es el indicado para pintar maquinaria agrícola [54]. A continuación, se muestra un ensamble general de la máquina.

Figura 119.

Máquina separadora de granos de garbanzo



Nota. Se muestra el ensamble general de la máquina elaborada en el software SolidEdge

4. MANUALES DE LA MÁQUINA

4.1 Manual de instalación

En este manual se mostrará al usuario de manera detallada el procedimiento que debe realizar para instalar los componentes de la máquina y posteriormente la desinstalación.

4.1.1 Sugerencias

4.1.1.a. Primera sugerencia: se debe contar con un espacio de 1 metro de profundidad por 1 metro de largo, además de una superficie plana para que tenga una mejor estabilidad.

4.1.1.b. Segunda sugerencia: para el anclaje atornillable se debe contar con un recubrimiento de concreto (zapata), ya que este anclaje es el adecuado para este tipo de superficies y presenta una mejor fijación en el suelo.

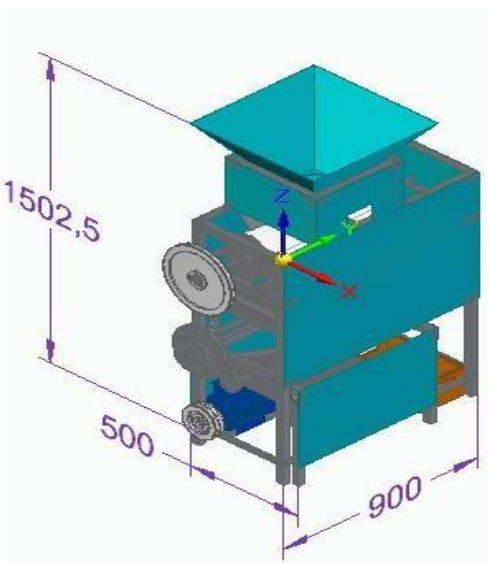
4.1.1.c. Tercera sugerencia: seguir las instrucciones indicadas para poder tener un funcionamiento adecuado de la máquina y evitar accidentes.

4.1.1.d. Cuarta sugerencia: utilizar las piezas indicadas en el manual y no de otra referencia.

4.1.1.e. Quinta sugerencia: contemplar un escalón para que pueda subir el operario y así poder ingresar el producto en el sistema de alimentación de manera adecuada.

Figura 120

Dimensionamiento de la máquina



Nota. Se especifica la altura, ancho y largo de la máquina.

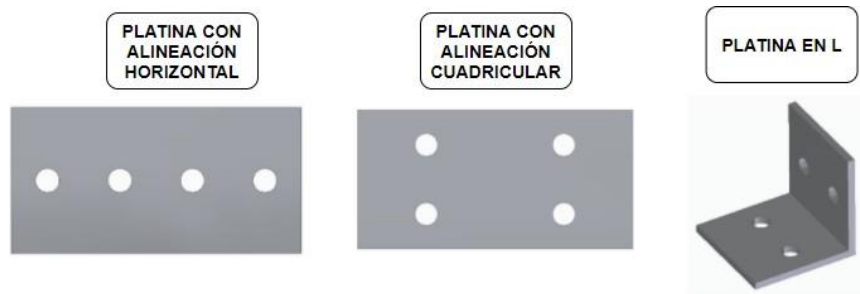
Se comienza la instalación de la máquina con el sistema estructural, sistema de separación, luego el sistema de transmisión, enseguida el sistema de selección, el sistema de alimentación y por último el sistema de almacenamiento. A continuación, se explican los pasos que se deben seguir.

4.1.2 Instalación del sistema estructural

Primero que todo se tiene que definir cuál es la platina con alineación horizontal, cuál es la platina con configuración horizontal, cuadrangular y cuál es la platina en L.

Figura 121.

Platina con configuración horizontal, cuadrangular y en L

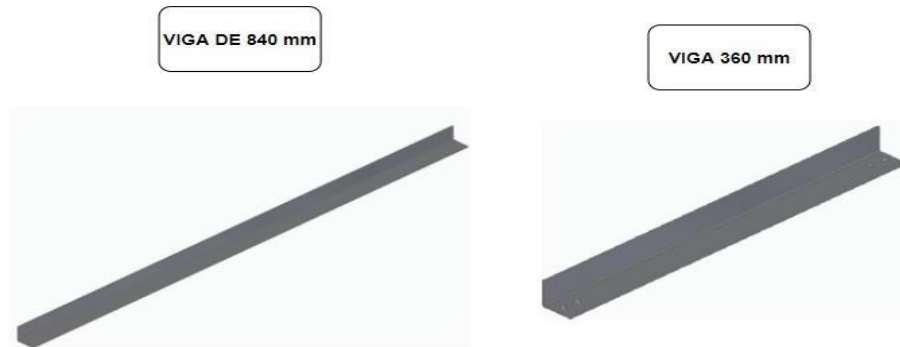


Nota. Estas configuraciones se utilizarán para poder ensamblar las vigas

Ahora conociendo cada configuración de la platina se debe tener en cuenta las vigas con las que se van a ensamblar, a continuación, se presentan las vigas utilizadas para el ensamble estructural.

Figura 122.

Vigas para el ensamble estructural



Nota. Como se puede observar estas son las vigas que estarán en el sistema estructural

Figura 123.

Columna de la estructura



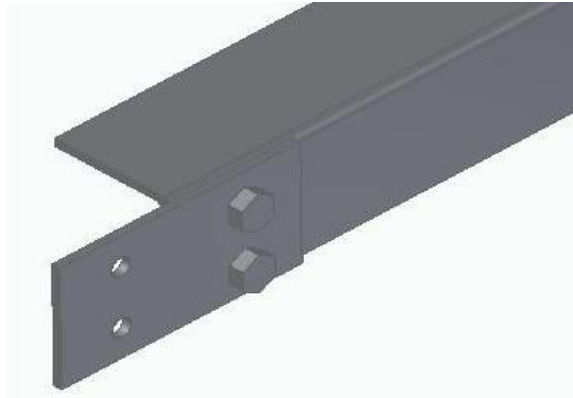
Nota. Cabe mencionar que esta columna cuenta con perforaciones de 5 mm de diámetro con cual se ensambla por medio de platinas según corresponda

También cabe destacar que se utilizara la columna como soporte estructural para las vigas mencionadas anteriormente.

Se inicia colocando la platina con alineación cuadrangular a la viga de 360 mm mediante dos tornillos M5 de 10mm con tuercas M5 como se muestra en la Figura 124 y 125, luego se procede a ensamblar la platina con configuración cuadrangular a la viga de 840mm mediante dos tornillos M5 de 10 mm con una tuerca M5 como se muestra en la figura 126 y 127.

Figura 124.

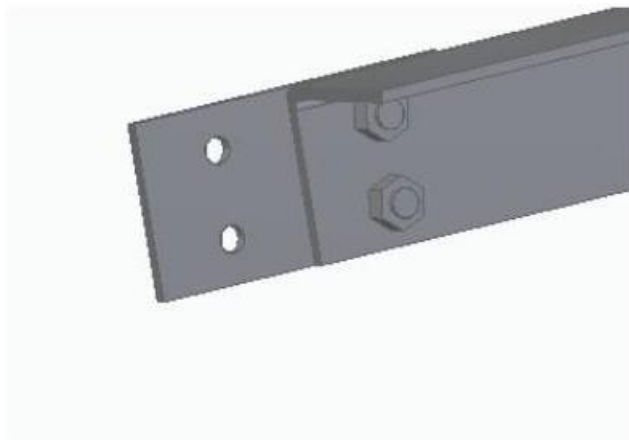
Instalación de platinas con alineación cuadrangular



Nota. Las platinas van conectadas a laviga de perfil en L

Figura 125.

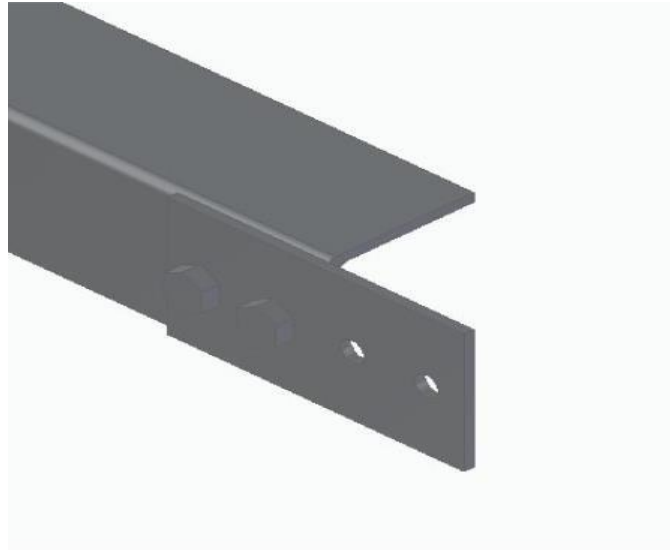
Instalación de platinas en el perfil



Nota. Como se puede observar se ve detalladamente el ensamble con los tornillos y las tuercas.

Figura 126.

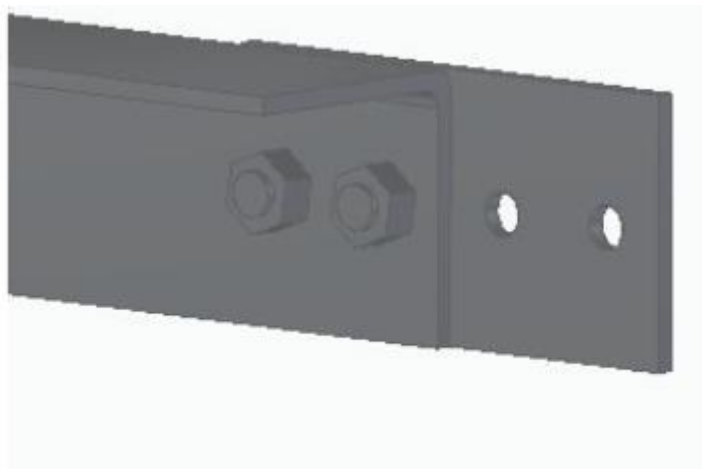
Instalación de platinas con configuración horizontal



Nota. Platina ensamblada con la viga de perfilen L

Figura 127

Instalación de platinas con configuración horizontal en la viga



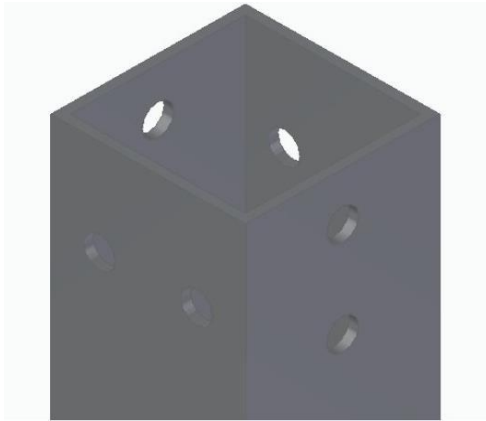
Nota. Se observa la unión mediante los tornillos y la tuerca

Una vez ensambladas las platinas con configuración cuadrangular y horizontal, se realiza el ensamble de la columna con las vigas de 840 mm y 360 mm. Sabiendo que la columna

posee perforaciones de 5 mm de diámetro se realiza la sujeción mediante tornillos M5 de 10 mm. Identificando los orificios en la columna, los que estén más cercanos al borde son de la parte superior de la columna y los que están retirados pertenecen a la parte inferior de la columna.

Figura 128.

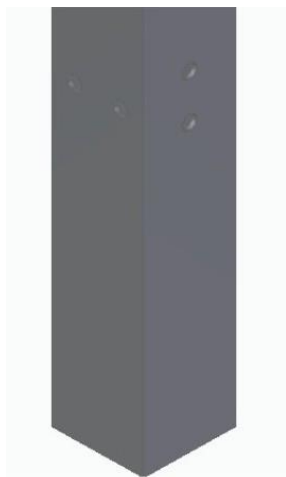
Orificios más cercanos al borde de la columna



Nota. Como se puede observar esta posición pertenece a la parte superior de la máquina

Figura 129.

*Orificios más alejados
al borde de la columna*

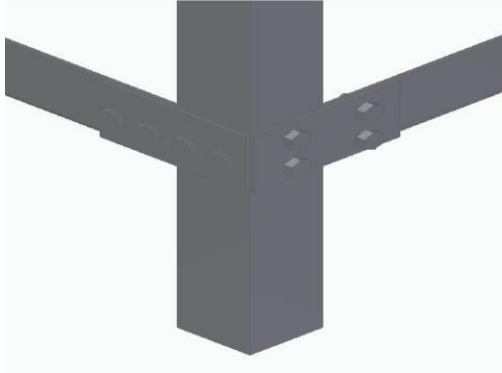


Nota. En esta figura se observa que pertenece a la parte inferior de la máquina

Ahora se realiza el ensamble mediante la sección de la viga junto con la platina correspondiente a la columna, como se muestra en la figura 130 la sujeción será por medio de tornillos M5 de 40 mm.

Figura 130.

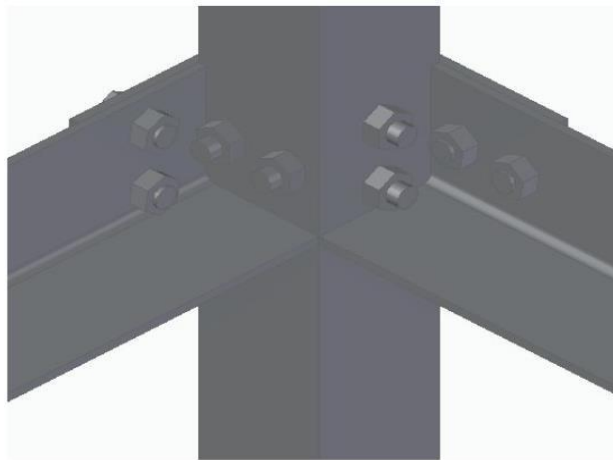
Sujeción de la parte inferior de la máquina



Nota. Como se puede ver se realiza la sujeción de ambas configuraciones de las platinas con sus respectivas vigas.

Figura 131

Sujeción de la parte inferior de la máquina en el interior



Nota. Se muestra el detalle del ensamble al interior de la estructura

Siguiendo el patrón en sus cuatro extremos inferiores se tiene la estructura de la parte inferior como se muestra en la figura 132.

Figura 132

Sección inferior de la estructura



Nota. Se observa en el ensamble respectivo de la parte inferior

Ahora el siguiente paso es ensamblar nuevamente las platinas con configuración horizontal a las vigas de 840 mm y las platinas con configuración cuadrangular a las vigas de 360 mm, esto con sus correspondientes tornillos M5 de 10 mm, una vez finalizado se realiza el ensamble mencionado en la figura 130 y 131 a la columna

Figura 133.

Ensamble estructural para la etapa 1



Nota. Se muestra la representación del segundo nivel de la estructura

Como siguiente paso se tiene que ensamblar nuevamente con las platinas correspondientes y vigas correspondientes a la columna, mediante el mismo procedimiento mencionado anteriormente completando el tercer nivel de la máquina como se muestra en la figura 134.

Figura 134

Ensamble estructural para la etapa 2



Nota. Se observa el tercer nivel de la estructura

Ahora se debe realizar el mismo procedimiento completando el cuarto nivel de la estructura de la máquina, como se muestra en la figura 135.

Figura 135.

Ensamble estructural para la base de la tolva y la placa limitante

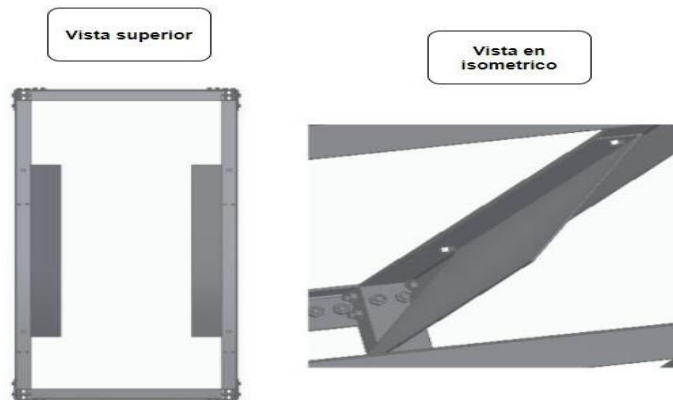


Nota. Con esto se completa el cuarto nivel de la estructura

Como paso a seguir se tiene que, en el cuarto nivel, las vigas de 840 mm tienen 6 perforaciones de 5 mm, para poder ensamblar la estructura de soporte de la tolva y la placa limitante. Primero se explicará el ensamble de la placa limitante con la viga de 840 mm.

Figura 136.

Vistas superior e isométrico de la placa limitante



Nota. Vista superior e inferior de la placa limitante

Teniendo la vista superior de la placa limitante se puede ver que esta solo posee un orificio de 5 mm de diámetro, con el cual se va a utilizar un tornillo M5 de 9 mm con su

respectiva tuerca M5 para en ensamble el cual queda como se ve en la vista de isométrico de la figura 136.

Ahora se explicará paso a paso como ensamblar la viga de 840 mm con el soporte de la tolva. Pero antes se debe conocer cuál es el perfil del soporte de la tolva, que en este caso son una viga de 340 mm de largo y una columna de 234.12 mm de alto mostradas en la figura 137.

Figura 137.

Soporte de la tolva

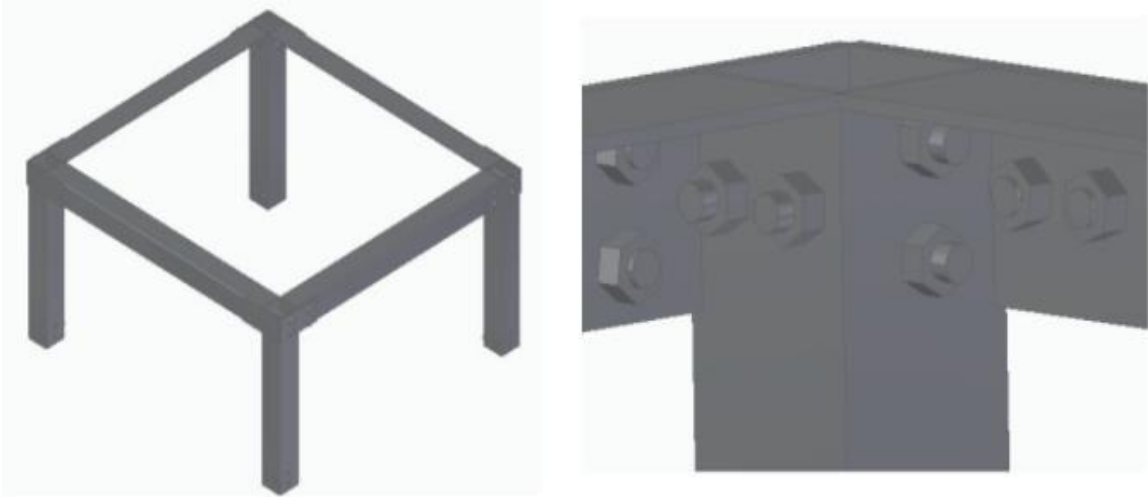


Nota. Estos soportes son los que estarán conectados para soportar la tolva

Conociendo los perfiles de soporte para la tolva, como primer paso se realiza el ensamble de las platinas de configuración cuadrícula a la columna de soporte para la tolva y la platina con alineación horizontal a la viga de soporte para la tolva, la sujeción de estos dos elementos es por medio de un tornillo M5 de 10mm y una tuerca M5. A continuación se muestra el ensamble detallado de la columna con la viga de soporte para la tolva.

Figura 138.

Ensamble del soporte de tolva

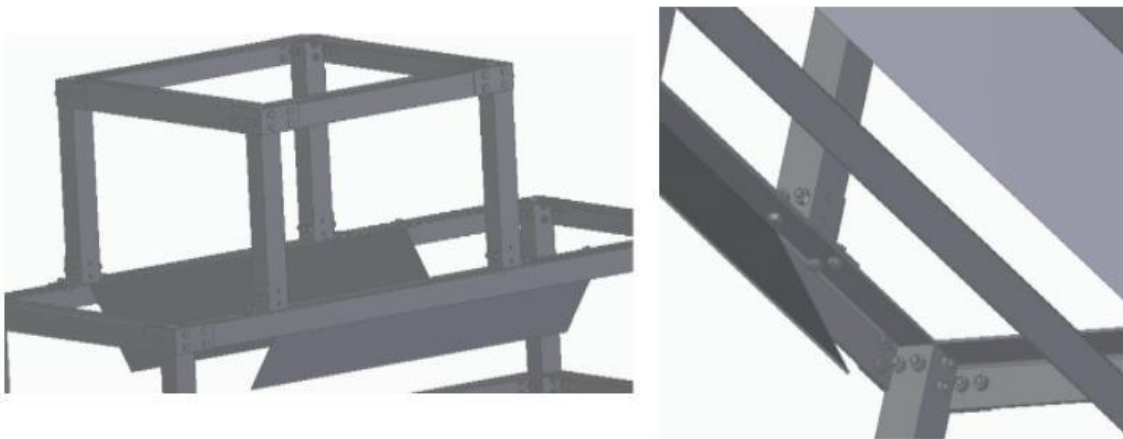


Nota. Se puede observar el ensamble detallado

Como se evidencia en la figura 138 se tiene tornillos de sujeción que atraviesan la columna, estos tornillos son de M5 de 40 mm y la tuerca correspondiente M5. Ahora una vez ensamblado el soporte para la tolva, se realiza el ensamble con la viga de 840 mm por media platina en L especificada en la figura 121. La sujeción de estas platinas es por medio de tornillos M5 de 10 mm y tuercas M5, a continuación, se muestra el detalle del ensamble del soporte para la tolva y las vigas de 840 mm.

Figura 139.

Ensamble del soporte para la tolva con las vigas



Nota. Detalle de la sujeción del soporte para la tolva en la viga de 840 mm

Por último se ensambla la placa del motor que se sitúa en la parte inferior de la máquina, esta placa contiene perforaciones circulares de 5 mm, la cual va ir por medio de una platina horizontal a la viga de 840 mm, pero antes se tiene una columna la cual va a servir de soporte de la placa la cual se muestra a continuación

Figura 140

Soporte de la placa del motor

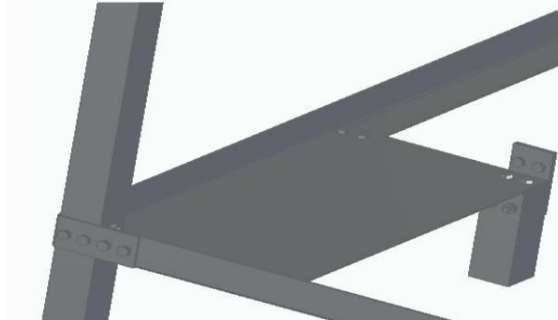


Nota. La columna cuenta con perforación 5 mm de diámetro para ser ensamblada por medio de una platina horizontal

Ahora esta placa se posicionará en una esquina de la estructura inferior de la máquina, específicamente donde la viga de 840 mm contenga perforaciones circulares de 5 mm cerca a la columna de la estructura inferior. La sujeción de la placa del motor con la viga es por medio de una platina con configuración horizontal, un tornillo M5 de 10 mm y una tuerca M5, el cual se representa detalladamente de la siguiente manera.

Figura 141.

Ensamble de la placa del motor con la viga



Nota. Se observa el ensamblaje de la placa del motor y la viga de 840 mm

A continuación, se obtiene el ensamblaje estructural de la máquina.

Figura 142.

Estructura de la máquina



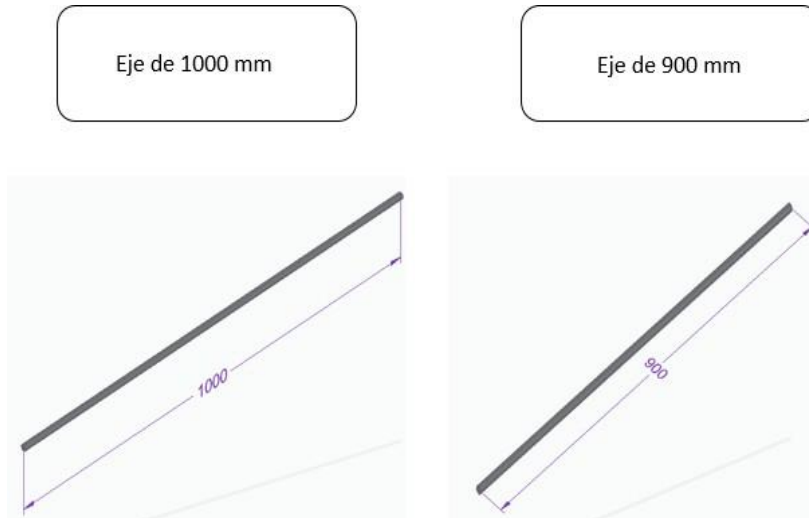
Nota. Se puede observar el ensamblaje general de la estructura de la máquina.

4.1.3 Instalación del sistema de separación

Se tendrá que tomar los ejes de 1000 mm y 900 mm, ya que estos serán los que permitirán el respectivo giro para la separación del garbanzo.

Figura 143.

Ejes de 1000 mm y 900 mm

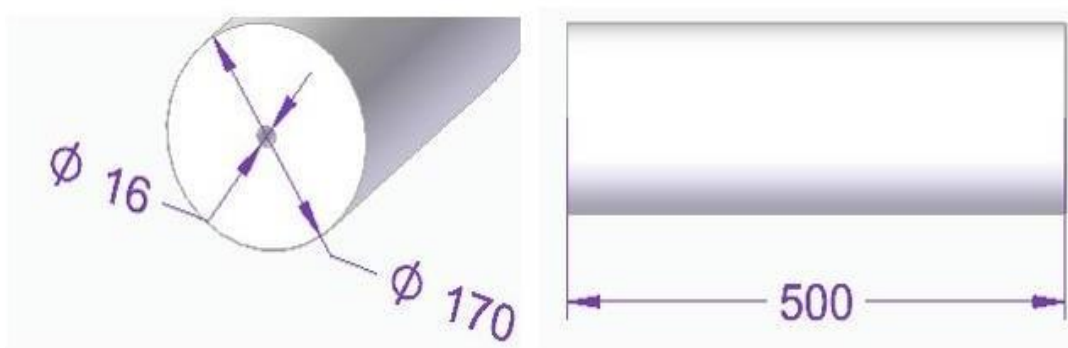


Nota. Las cotas se toman en mm

Posteriormente de tener los ejes del sistema, se procede a instalar los rodillos de neopreno, que tienen un diámetro de 170 mm y un tamaño de 500 mm, además un orificio de 16 mm para incrustar los ejes.

Figura 144.

Rodillo de Neopreno



Nota. Todas las medidas están en milímetros.

Para instalarlos se debe incrustar los ejes de 1000 mm y 900 mm en los rodillos, por medio de los orificios que tienen estos, se quedaran fijos debido a que lo ejes tienen un diámetro de 16 mm y el orificio de los rodillos es de 16 mm, los rodillos deben de quedar a una distancia de 250 mm de la punta de los ejes para que queden alineados debidamente.

Figura 145.

Ejes incrustados en los rodillos

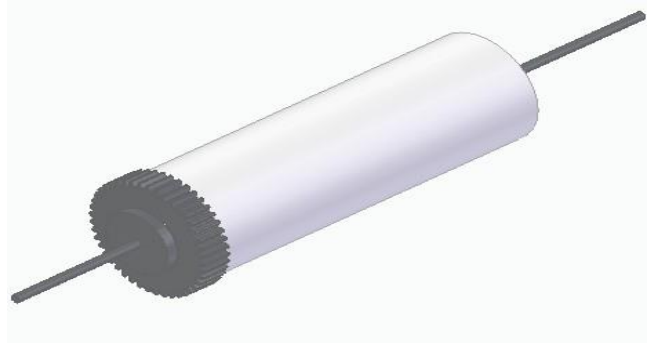


Nota. Se muestra como quedaran los ejes incrustados en los rodillos. Las medidas se toman en mm

Ya una vez hecho la instalación de los ejes y rodillos, se procede a instalar los engranajes en los ejes, la función de estos es el de transmitir la potencia y de invertir el sentido de giro de un de los rodillos, para esta instalación se debe instalar los engranajes en la punta contraria de los ejes y deben tocar la cara frontal de los rodillos.

Figura 146.

Engranaje instalado en el eje junto al rodillo.

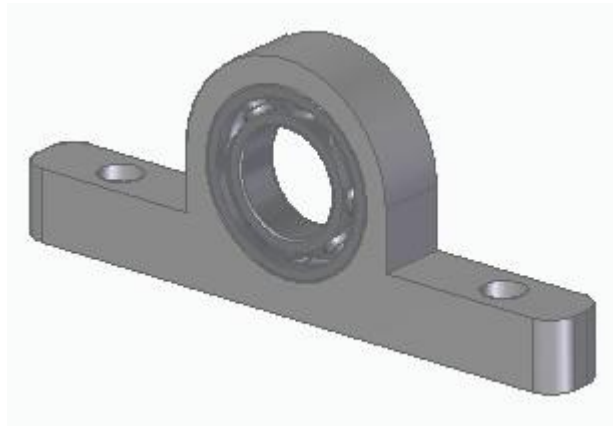


Nota. Se muestra como debe quedar el engranaje junto a rodillo.

Finalmente se instala a la estructura por medio de chumaceras y rodamientos que permitirán el fácil movimiento de los ejes.

Figura 147.

Chumacera y rodamiento

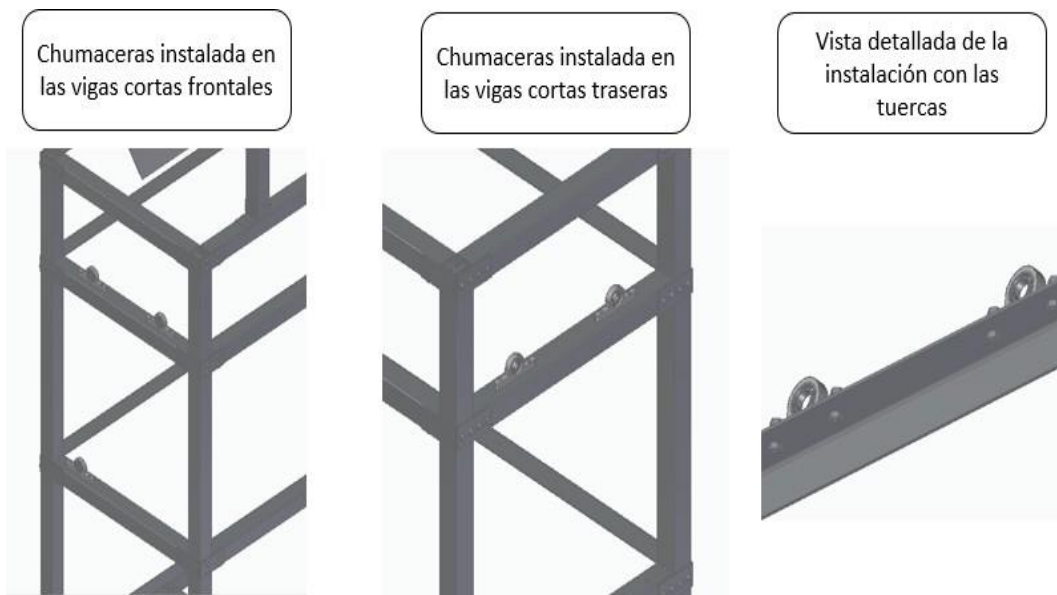


Nota. Se muestra la chumacera con el rodamiento.

Antes de todo se debe instalar la chumacera y rodamiento de bolas a la vigas en “L” cortas que tienen las perforaciones, sujetas con los tornillos M5 de 16 mm de largo y las tuercas M5.

Figura 148.

Chumaceras instaladas en las vigas en L

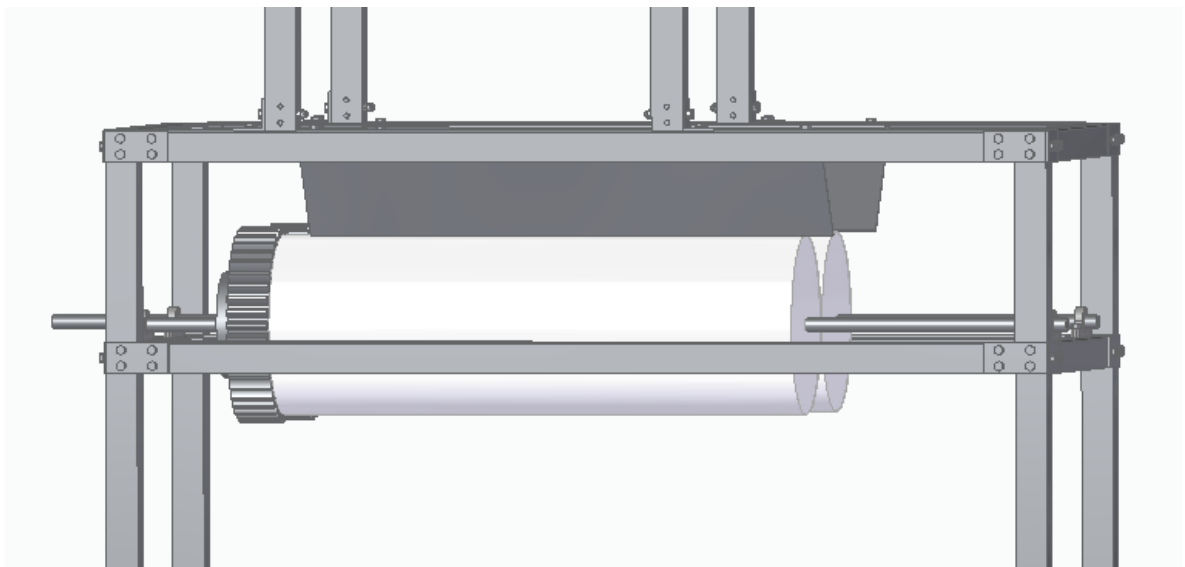


Nota. Se muestra como quedan instaladas las chumaceras y rodamientos en las vigas

Se instalara el sistema de separación a la estructura, se debe tener en cuenta que los ejes deben ir alineados a las vigas en “L” traseras.

Figura 149.

Sistema de separación instalado en la estructura.



Nota. Se muestra el sistema de separación instalado en la estructura.

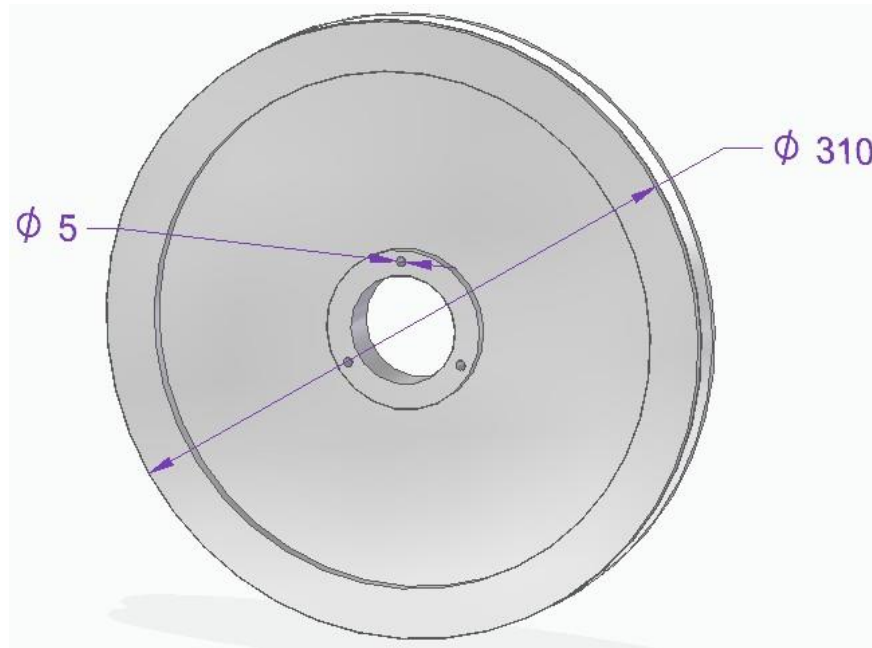
4.1.4 Instalación del sistema de transmisión

Este sistema cuenta con 5 poleas las cuales se encuentran en la etapa 1 de transmisión en donde se encuentra el eje del rodillo de 1 metro de longitud, la segunda y tercera polea se van a ensamblar en la etapa 2, donde estará ensamblado en la viga de 360 mm, la cuarta polea se encuentra en el eje para producir la vibración del sistema de selección y la quinta polea donde estará ensamblada al eje del motor. A continuación se explica detalladamente la instalación de cada polea.

4.1.4.a. Polea de la etapa 2: para poder conocer cuál es la polea de la etapa 2 se muestra en la figura 150 con sus dimensiones respectivas.

Figura 150

Dimensiones de la polea de la etapa 1

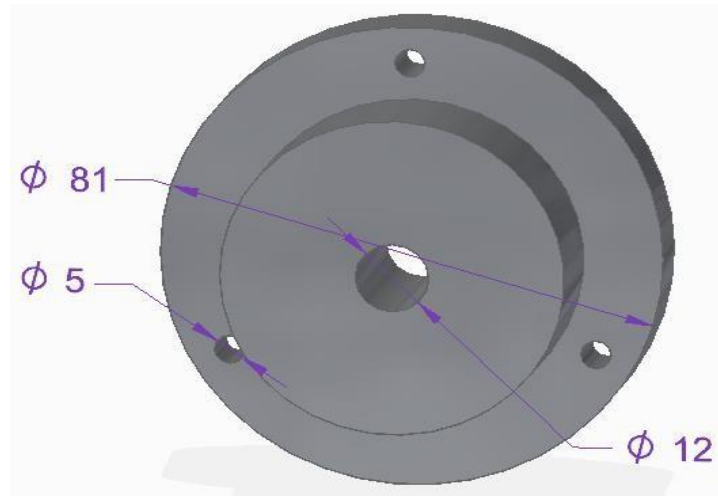


Nota. Se puede observar que esta polea tiene un diámetro exterior de 310 mm y perforación circular de 5 mm.

Antes de explicar el ensamble con el eje del rodillo de 1 metro de longitud, se debe mencionar el buje que estará ensamblado con la polea de la figura 150.

Figura 151

Dimensiones del buje para la polea de la etapa 1

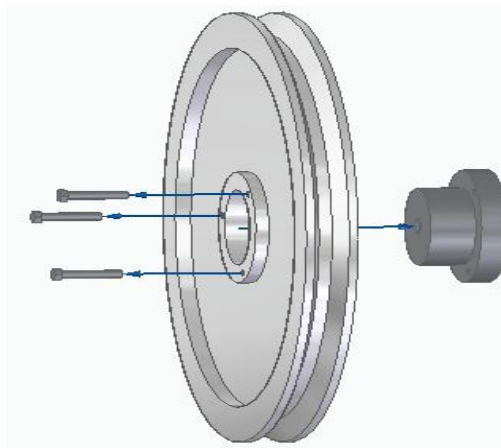


Nota. Se puede observar que el buje tiene un diámetro exterior de 81 mm, 3 perforaciones de 3mm y un diámetro interno de 12 mm

Ahora el primer paso es realizar la sujeción del buje y la polea de la etapa 2 por medio de tornillos de sujeción los cuales son de M5 y 30 mm de longitud, A continuación se muestra la unión y el sentido de los tornillos para realizar la sujeción adecuada.

Figura 152.

Ensamble detallado de la polea, el buje y los tornillos

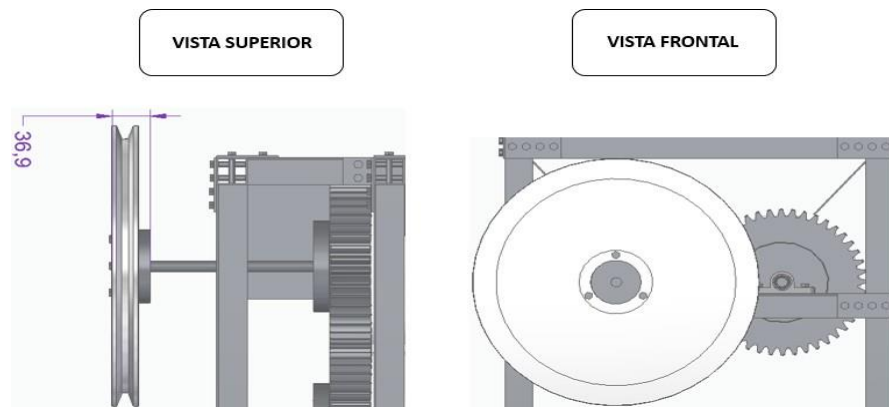


Nota. Como se puede observar se ve el detalle de los elementos mencionados anteriormente.

El siguiente paso es ensamblar la polea al eje de 1 metro de longitud con el ensamble de la polea, el buje y tornillos de sujeción, para esto se debe hacer como lo indica la figura 153

Figura 153

Vista superior y frontal del ensamble de la polea con el eje del rodillo

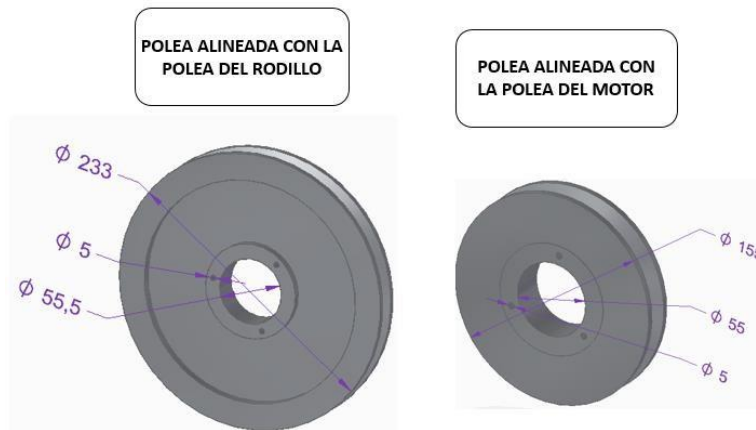


Nota. Se puede observar que la polea y el buje comprenden una distancia de 36,9 mm

4.1.4.b. Poleas de la etapa 1: las poleas respectivas de la etapa 1 comprenden primero una polea de diámetro exterior de 155 mm y una polea de diámetro exterior de 233 mm, en el que la polea de menor diámetro estará alineada con la polea del motor y la polea de mayor diámetro estará alineada con la polea que se encuentra en el eje del rodillo. A continuación se muestran las poleas mencionadas.

Figura 154.

Dimensiones de las poleas de la etapa 1

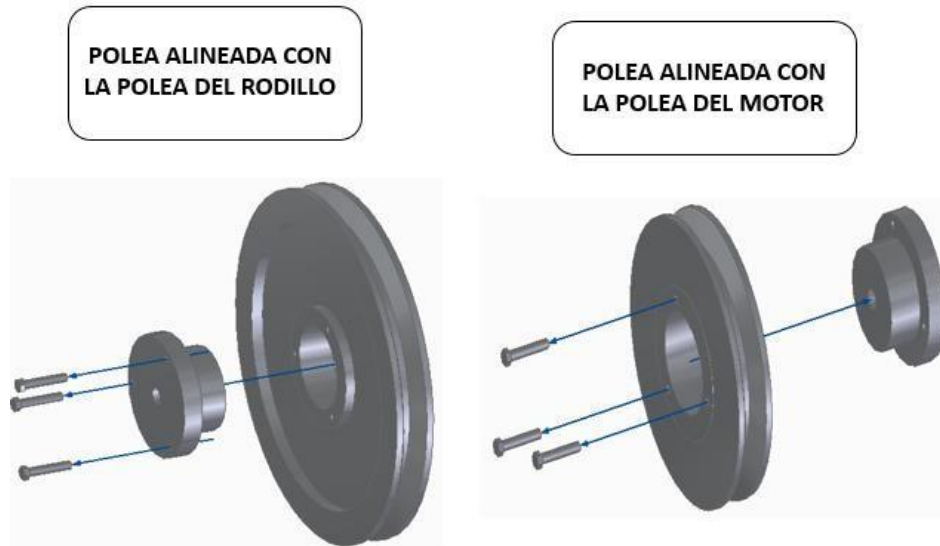


Nota. Se puede observar las poleas que se encuentran en la etapa 1

Ahora como primer paso se debe realizar el ensamble de cada polea con su respectivo buje, el buje empleado para estas poleas se puede ver en la figura 128, en lo que cambia es con respecto al diámetro interno de la polea ya que la polea alineada con el rodillo tiene un diámetro interno de 55,5 mm mientras la polea alineada con el motor tiene un diámetro de 55 mm, la sujeción será por medio de tornillos M5 de 30 mm de longitud para ambas poleas. A continuación se muestra a detalle cómo se deben ensamblar estas piezas

Figura 155

Ensamble detallado de las poleas, bujes y tornillos



Nota. Se puede observar el detalle del ensamble de las piezas mencionadas anteriormente

Ahora el paso a seguir es la instalación de estos dos ensambles en el eje de la etapa 1, este estará situado en la viga de 360 mm que está en el nivel 2, pero antes se debe mencionar el dimensionamiento del eje.

Figura 156.

Dimensiones del eje de la etapa 1

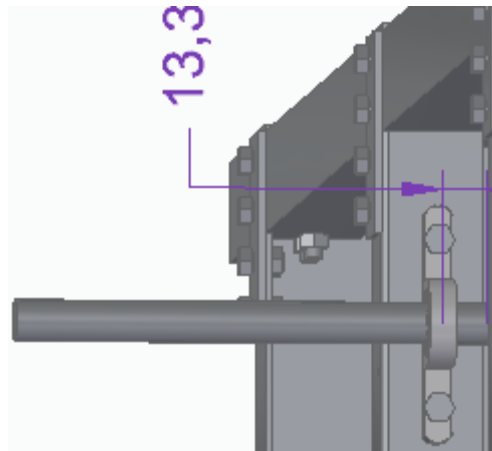


Nota. Este será el eje correspondiente para el ensamble de las poleas anteriormente mencionadas.

Ahora el paso a seguir es ensamblar el eje de la etapa 1 a la viga de 360 mm del nivel 2 para esto se realiza el ensamble por medio de la chumacera situada en el segundo nivel de la viga como se muestra en la figura 157.

Figura 157.

Ensamble del eje de la etapa 1 con la chumacera

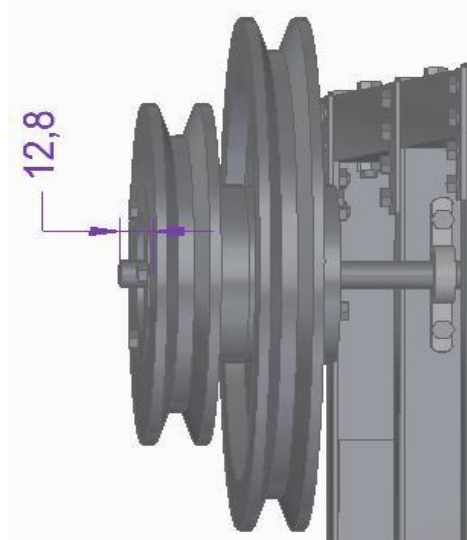


Nota. Se muestra el ensamble del eje con la etapa 1 en donde el eje debe estar retirado con respecto al rodamiento 13,3 mm

Enseguida se debe ensamblar las poleas mencionadas en la figura 158 al eje de la etapa 1 de la siguiente manera.

Figura 158.

Ensamble de las poleas de la etapa 1 en el eje



Nota. Como se puede observar la distancia que deberá tener del diámetro interior de la polea con el borde del eje es de 12,8 mm

4.1.4.c. Polea de vibración: Esta polea estará situada en la viga de 360 mm de nivel 2, la polea tiene una perforación de 6 mm donde se ensambla el eje del contrapeso el cual es de un diámetro de 6 mm y longitud de 54. A continuación se muestra los detalles de esta polea con el contrapeso.

Figura 159.

Ensamble de la polea con contrapeso

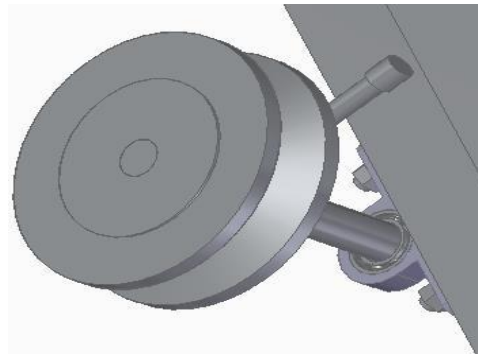


Nota. Se puede observar a detalle cómo se ensambla el contrapeso en la polea para el eje vibratorio.

El siguiente paso es ensamblar esta polea con el eje de vibración este eje comprende un diámetro de 12 mm por 110 mm de longitud, este eje estará ensamblado en la viga de nivel 2 en la parte inferior por medio de chumaceras y un rodamiento de 12 mm de diámetro. A continuación se muestra en la figura 160 el detalle del ensamble de la figura 156 con el eje de vibración.

Figura 160.

Ensamble detallado de la polea y el eje de vibración

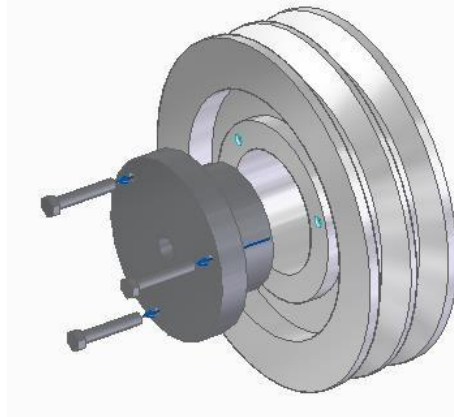


Nota. Se puede observar que la polea y el eje están ensamblados.

4.1.4.d. Polea para el motor: esta polea se diferencia de las demás ya que esta posee doble canal para las correas y estará conectada al eje del motor, esta polea además tiene 3 perforaciones de 5 mm de diámetro, ya que va a estar ensamblada mediante un buje como en la figura 155, para poderlo ensamblarlo al eje del motor y tornillos de sujeción de M5 de 30 mm de longitud. A continuación se muestra a detalle el ensamble de las piezas mencionadas anteriormente.

Figura 161.

Instalación de la polea del motor con el buje y tornillos

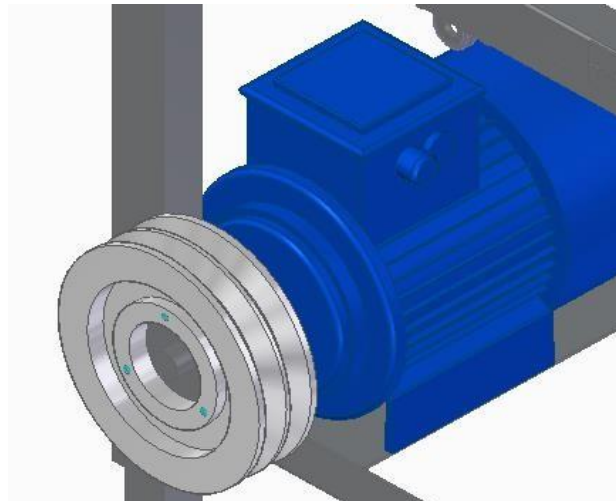


Nota. Se puede observar cómo se debe realizar la unión de estas piezas.

Como último paso se tiene que instalar esta polea al eje del motor para esto se muestra en la siguiente figura como debe ser el sentido adecuado para la instalación.

Figura 162

Instalación de la polea del motor al eje del motor



Nota. Se puede observar el ensamble del motor y la polea

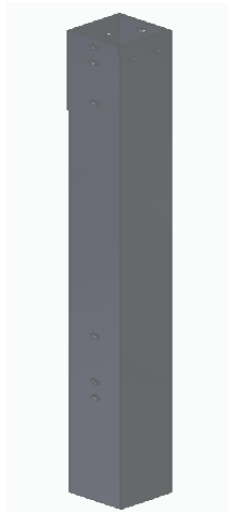
4.1.5 Instalación del sistema de selección.

El sistema de selección cuenta con un tamiz, sujeto con un marco y estos a una estructura inferior, con resortes y un polímero antideslizante, en la estructura inferior cuenta con un eje y polea para generar el desbalanceo y por ende, la vibración.

Para la instalación del sistema se comenzara por la instalación de la estructura inferior, el cual tendrá 4 columnas de perfil cuadrado de 30 mm x 30 mm de 434,94 mm y 16 perforaciones de 5 mm, distribuidas a ciertas distancias.

Figura 163

*Columna,
bases del
sistema de
selección.*

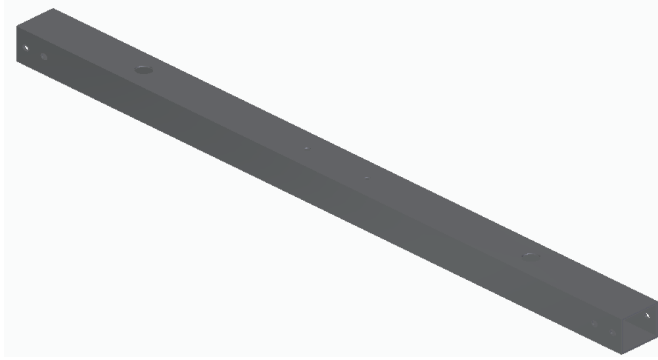


Nota. Se muestra la columna que sostendrá el sistema de selección

También se cuenta con vigas cortas de perfil cuadrado 30 mm x 30 mm de 500 mm de largo con perforaciones de 5 mm y 12 mm, distribuidas a lo largo de la viga.

Figura 164

Viga del sistema de selección.



Nota. Se muestra la viga que sostendrá la partesuperior del sistema de selección.

Las columnas y las vigas corta estarán unidas con platinas de configuración cuadrangular, tornillos M5 de 40 mm de largo y tuercas M5.

Figura 165

Unión de las columnas y la viga

Unión de la viga y las columnas



Vista posterior de la unión de la viga y las columnas

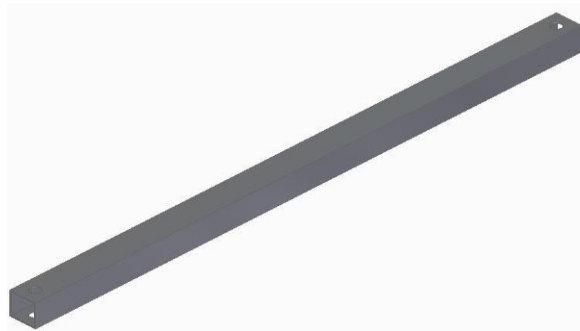


Nota. Se muestra como se une las vigas a la columna.

Teniendo las vigas cortas y las columnas unidas en forma de arco, se procede a unir estos arcos con una viga larga de perfil cuadrangular de 30 mm x 30 mm de 640 mm de largo y con dos perforaciones 12 mm a lo largo de la viga.

Figura 166

Viga larga de la estructura inferior.



Nota. Se muestra la viga larga de la base del sistema de selección.

También se tendrá un resorte de 200 mm de altura, 30 mm de diámetro, 12 espiras con unas láminas circulares que tienen perforaciones de 5 mm en la lámina superior y 12 mm en la lámina inferior para sujetarlo en la estructura y este se usa para que multiplique y mantenga la vibración en el sistema.

Figura 167

Resorte para vibración.

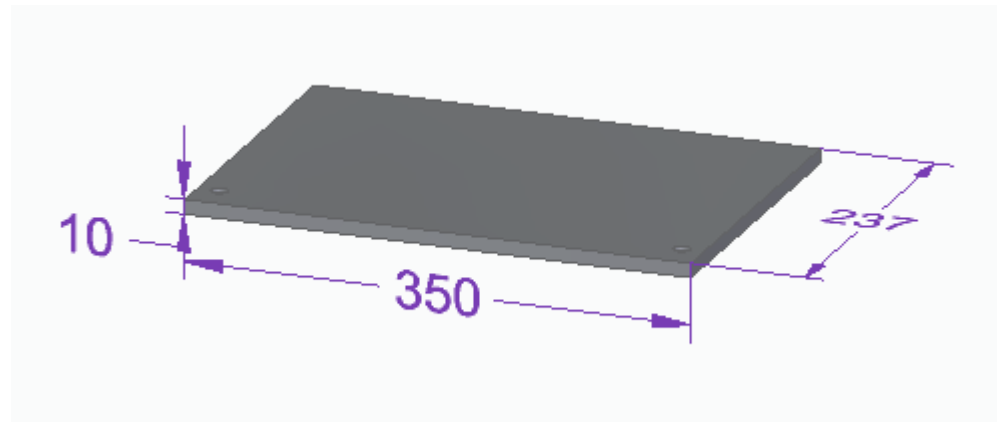


Nota. Se muestra el resorte para mantener la vibración.

También esta estructura tendrá una placa de salida para la vaina de 350 mm de base 237 de altura, 10 mm de grosor y tiene 2 perforaciones de 12 mm, que estará unida a la base.

Figura 168

Placa de salida para la vaina



Nota. Se muestra la placa de salida del sistema.

Ahora se procede a ensamblar el resorte, la viga larga, la placa de salida y el arco para tener la base del sistema de selección con tornillos M12 de 72 mm y de 80 mm con tuercas M12.

Figura 169

Ensamble de la base del sistema.

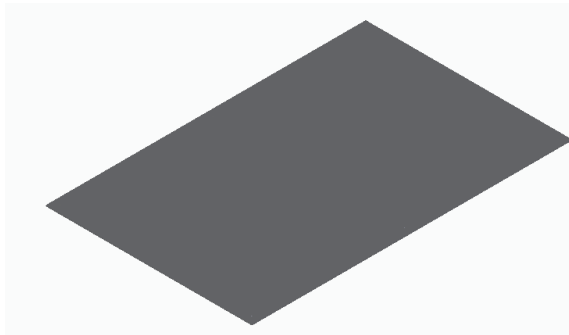


Nota. Se muestra como van unidas las piezas de la base del sistema de selección.

Se instalara una placa deslizante para la caída de los granos, la cual estará a un ángulo de 20°, que tiene 436 mm de base y 677,22 mm de alto y 2 mm de espesor, que tiene 6 agujeros de 5 mm, por el lado más largo.

Figura 170

Placa deslizante

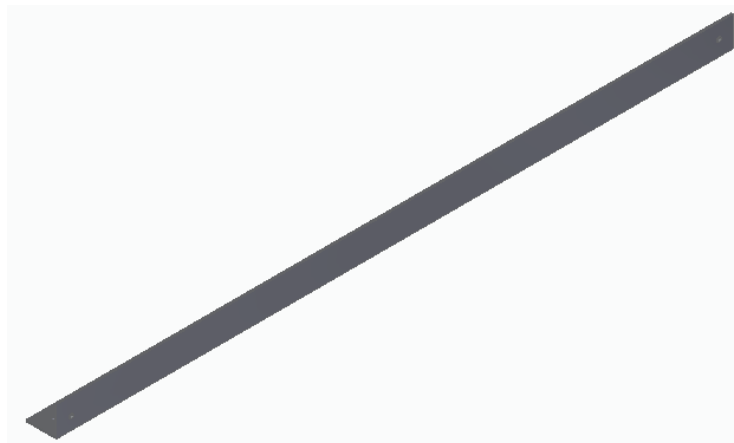


Nota. Se muestra la placa deslizante para los granos.

Esta placa estar unida a las columnas de la base por medio de una vigas de lámina doblada en "L" de 1,5 mm de grosor, con cinco perforaciones de 5 mm para unir la placa y las columnas de la base del sistema.

Figura 171

Viga para sostener la placa.

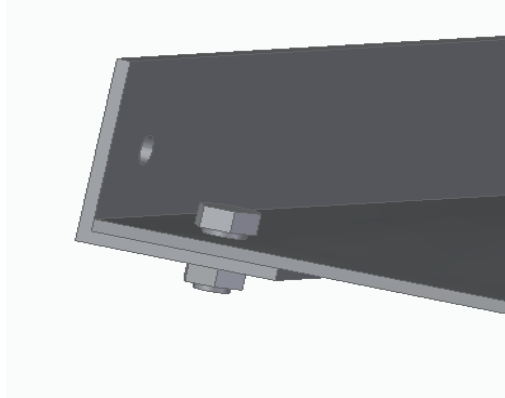


Nota. Viga en L para sostener la placa deslizante al sistema de separación.

Ahora se instalará la placa con las vigas en L y con tornillos M5 de 10 mm de largo y tuerca M5, para posteriormente unirla a la base del sistema.

Figura 172

Ensamble de la placa y las vigas

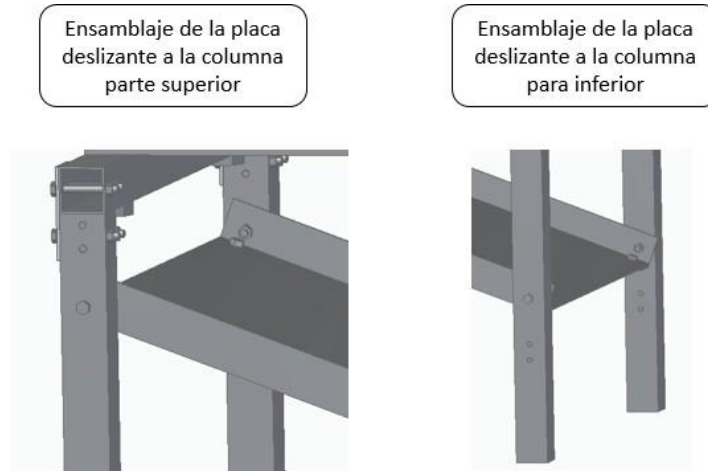


Nota. Unión de la placa deslizante a las vigas

Ahora se procede a ensamblar la placa a las columnas de la base del sistema con tornillos M5 de 10 mm de largo y tuercas M5.

Figura 173

Ensamble de la placa a las columnas

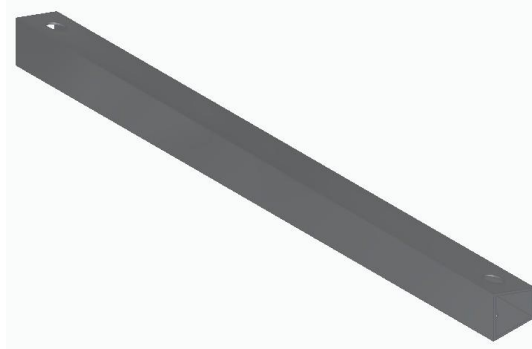


Nota. Se muestra la forma de ensamblaje de la placa deslizante a las columnas de la base.

Ahora se colocara una viga sobre los resortes, para generar ángulo de 20° y que el sistema este inclinado y permita la salida de los restos del producto, esta viga es de perfil cuadrado con uno de sus lados más corto para generar el ángulo de 20° y tiene 350 mm de largo.

Figura 174.

Viga para inclinación del sistema.



Nota. Se muestra la viga para inclinación.

Para unir esta viga se unirá al resorte por la parte interna del perfil, se utilizarán tornillos M5 de 10 mm de largo y tuerca M5.

Figura 175.

Ensamble de la viga al resorte

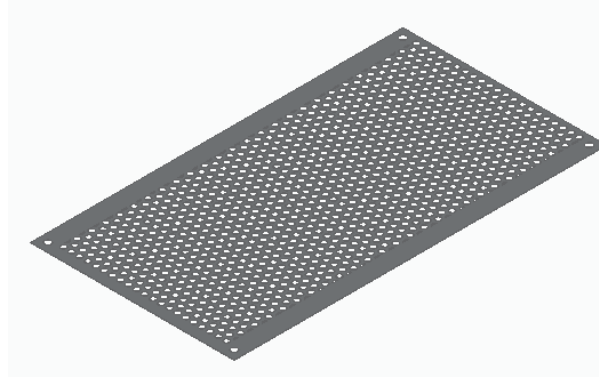


Nota. Se muestra como se debe ensamblar la viga al resorte.

Ahora se procede a unir la lámina de tamiz que mide, 640 de alto y 350 de base con un calibre 24, que tiene 1040 agujeros de 10 mm en el centro y 4 agujeros en las esquinas para de 12 mm para poder ensamblarlo.

Figura 176.

Lámina de tamiz

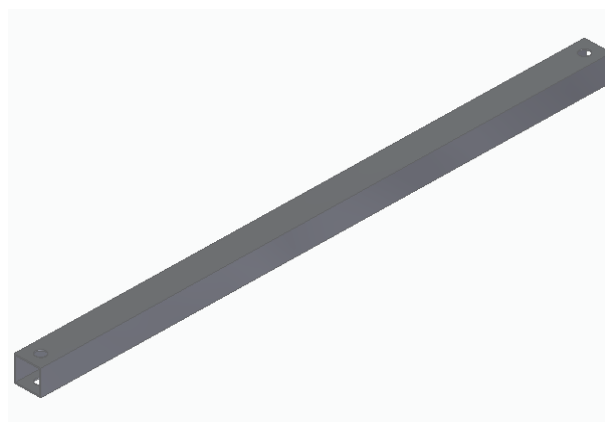


Nota. Se muestra la lámina de tamiz.

Ahora se instalara en esta lámina 2 vigas de perfil cuadrado de 30 mm x 30 mm de 640 mm de largo para evitar que el grano se salga por los lados con 3 perforaciones de 12 mm.

Figura 177.

Viga lateral para evitar la caída del grano

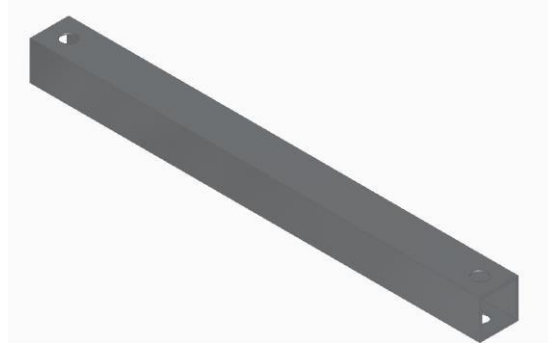


Nota. Se muestra la viga para poner en la lámina de tamiz

También se utilizará dos vigas de perfil cuadrado de 30 mm x 30 mm y de 350 mm de largo una será para la parte superior y la otra para la salida del tamiz.

Figura 178.

Viga para la parte superior y salida del tamiz



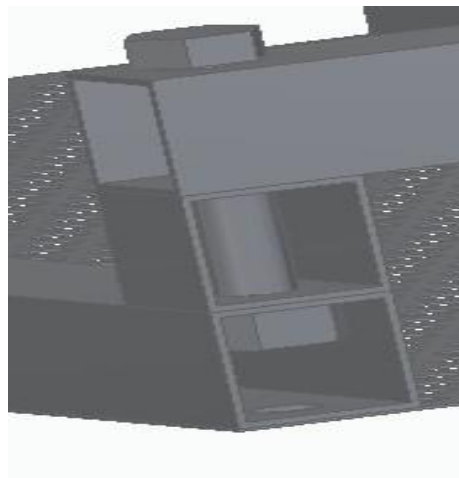
Nota. Se muestra la viga para la salida y la parte superior del tamiz

Además de la viga se usarán dos bases pequeñas de perfil cuadrado 30 mm x 30mm y 30 mm de largo, para dejar la salida de la vaina del tamiz más óptima. Esto se ensamblará con tornillos M12 de 80 mm de largo y tornillos M12 de 72 mm de largo, para ensamblar las vigas a la lámina de tamiz y también se utilizan para ensamblar el tamiz a la viga de inclinación figura L.

En la salida del tamiz se pondrá la tuerca por dentro del perfil de una de las vigas.

Figura 179

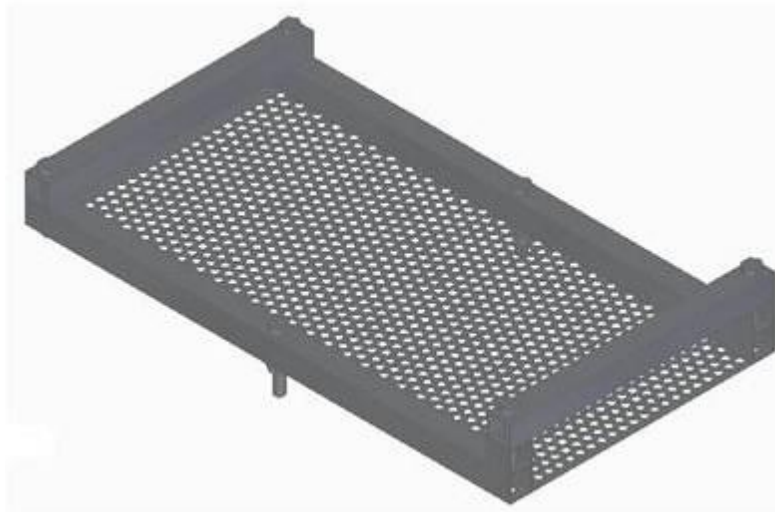
Ensamble de la salida del tamiz.



Nota. Se muestra el ensamble de las vigas y una de las bases pequeñas.

Figura 180

Ensamble del tamiz con las vigas y la base.



Nota. Se muestra el ensamble de las vigas y la lámina de tamiz.

Se mostrará como se ensambla el tornillo a la viga y el tamiz en el medio

Figura 181.

Unión de la viga con la lámina.

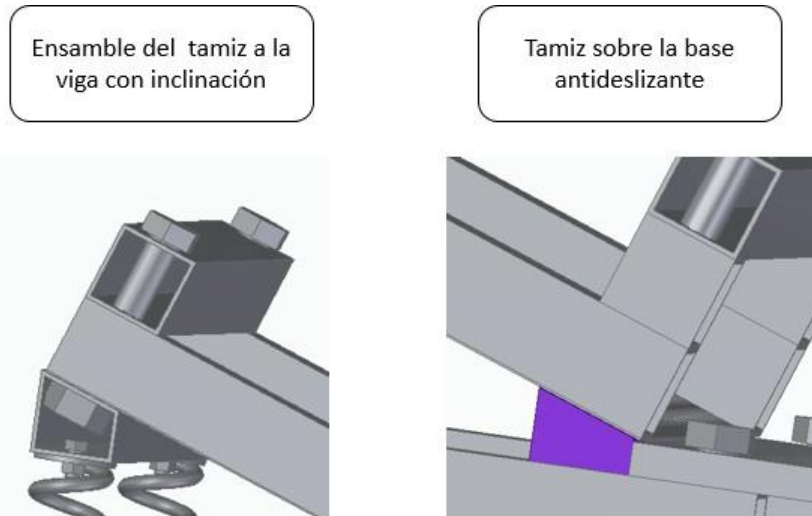


Nota. Se muestra como se une la viga con el tamiz en el agujero del medio.

Ahora se ensambla el tamiz y la base por medio de la viga con inclinación y una base antideslizante.

Figura 182.

Ensamble del tamiz a los resortes



Nota. Se muestra como está unida el tamiz con la base.

Figura 183

Ensamble del sistema de selección

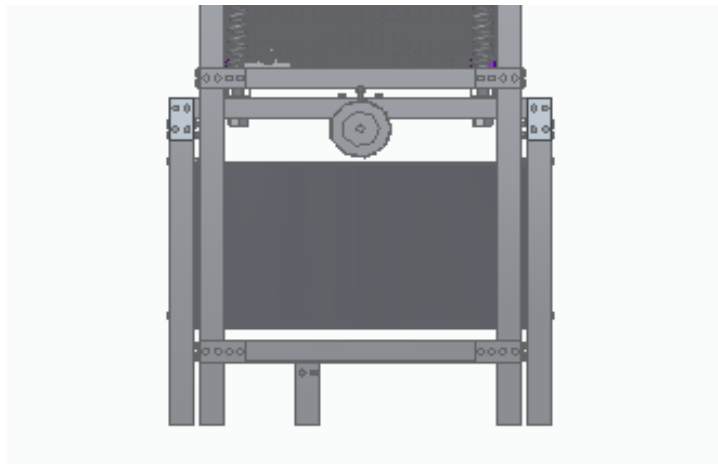


Nota. Se muestra el ensamblado del sistema de selección.

Ahora se procede a ensamblar montar el sistema de selección en la máquina se recomienda dejar las columnas de la estructura principal y las columnas del sistema de selección a 20 mm de distancia.

Figura 184

Posición del sistema de selección y la estructura



Nota. Se muestra como de ser colocado el sistema de separación.

Figura 185

Ensamble del sistema de selección en la máquina



Nota. Sistema de selección ensamblado en la máquina en la máquina.

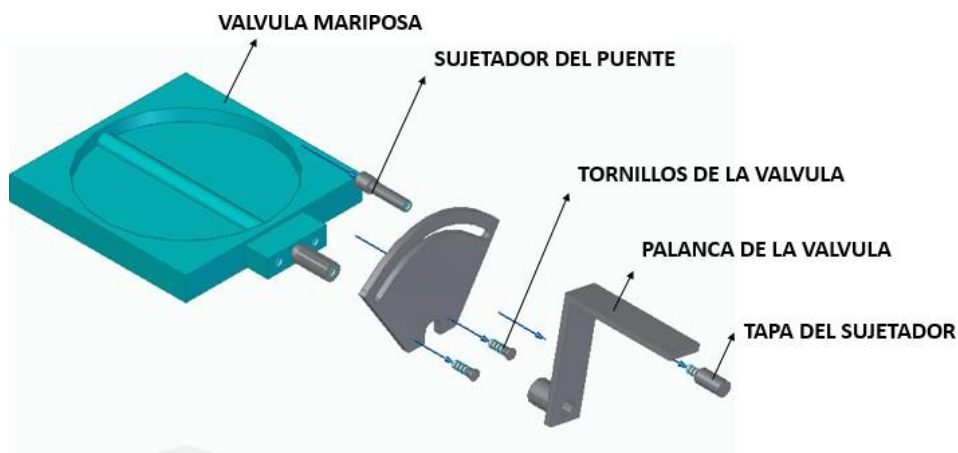
4.1.6 Instalación del sistema de alimentación

Para este sistema se deben tener en cuenta que 3 componentes principales, el primero es la tolva de alimentación, seguido de la válvula mariposa y por último el canal de la tolva. Primero se explicará lo que corresponde al ensamble de los componentes de la válvula mariposa y posteriormente el ensamble de estos 3 componentes.

4.1.6.a. Válvula mariposa: esta pieza se compone de varios elementos, como son la placa de la válvula el cual contiene un eje ranurado por donde se va instalar con la palanca, el puente de la válvula, la palanca de la válvula, los dos tornillos que irán atornillados a la placa de la válvula, el sujetador del puente y la tapa del sujetador. A continuación se puede observar el detalle de las piezas mencionadas en la figura 186

Figura 186

Ensamble de los componentes de la válvula



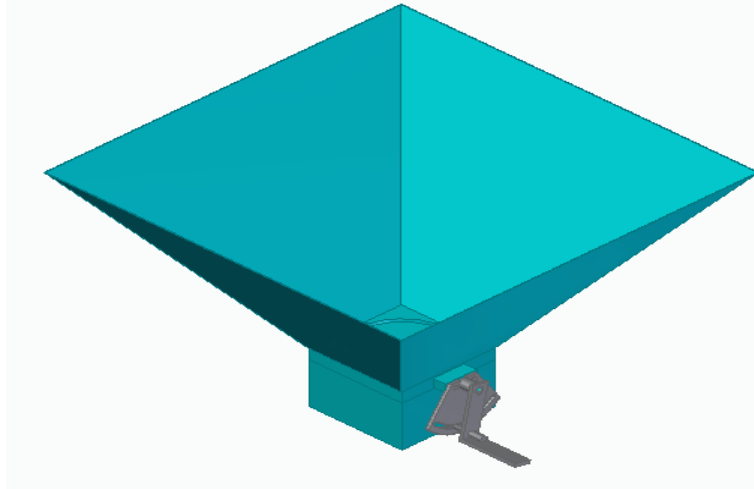
Nota. Se muestran los componentes de la válvula mariposa

4.1.6.b. canal de la tolva: esta pieza guiará el producto a la entrada del sistema de separación, esta pieza tiene que estar ensamblada en la parte inferior de la válvula.

Ahora se mostrará el ensamble de la tolva, la válvula mariposa y el canal de la tolva mencionados anteriormente.

Figura 187

Instalación del sistema de alimentación

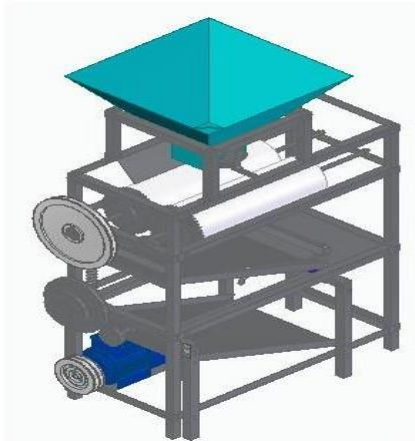


Nota. Se puede observar el ensamble del sistema de alimentación

Ahora se procede a instalar el sistema de alimentación en la estructura de la máquina como se muestra en la siguiente figura.

Figura 188.

Instalación del sistema de alimentación en la estructura de la máquina.



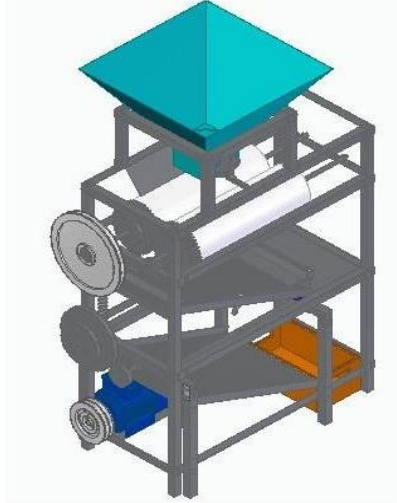
Nota. Se muestra el montaje del sistema de alimentación en la máquina.

4.1.7 Instalación del sistema de almacenamiento

Este elemento estará situado entre la placa deslizante y el marco de la estructura en la parte inferior de la máquina, como se muestra a continuación.

Figura 189.

Instalación del sistema de almacenamiento

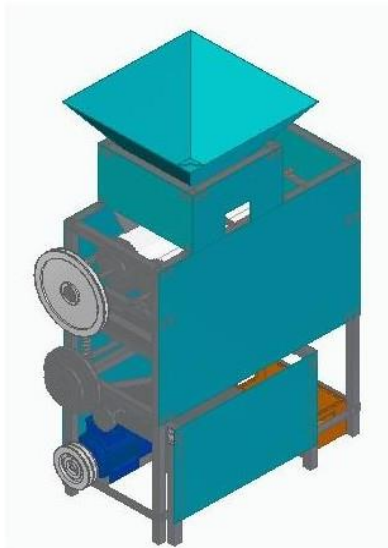


Nota. Como se puede observar se encuentra instalado el sistema de almacenamiento

Para el recubrimiento de la máquina se utilizan láminas laterales y frontales, las cuales van a actuar como paredes. Estas láminas van a estar atornilladas a los extremos por medio de un tornillo M5 de 10 mm. Enseguida se muestra el ensamble de las placas laterales y frontales de la máquina.

Figura 190.

Instalación de las paredes de la máquina



Nota. Se observa la instalación general de la máquina.

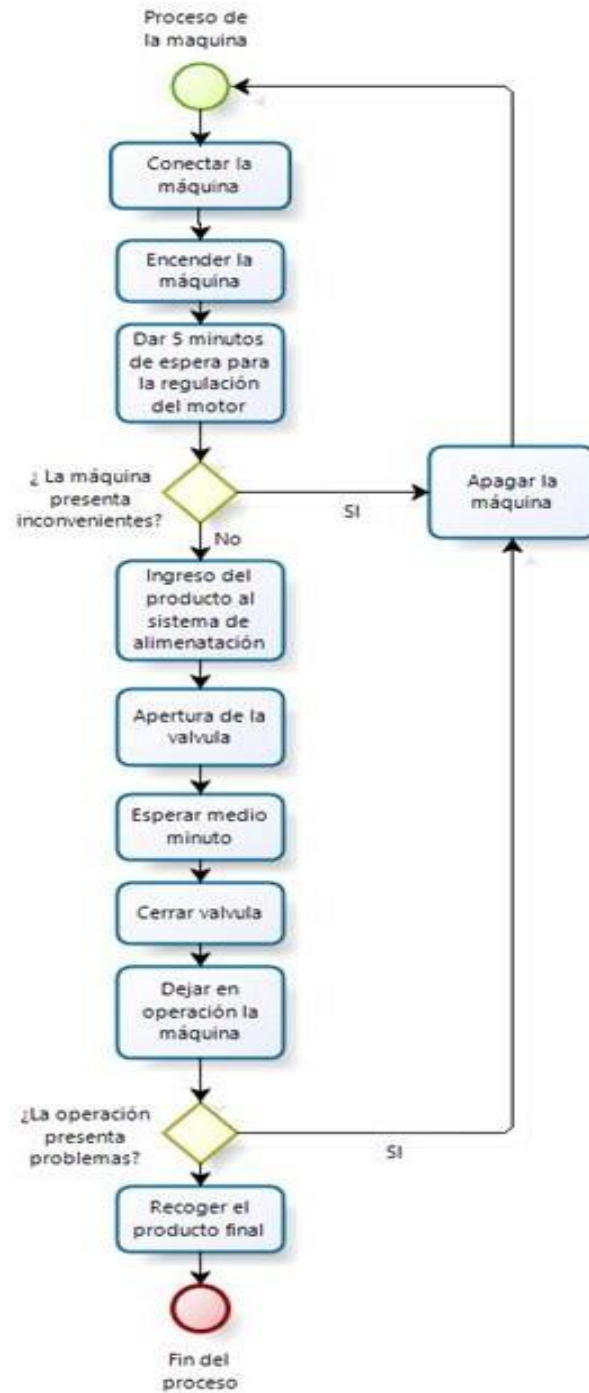
4.2 Manual de operación y seguridad

En este manual se explicara detalladamente, los pasos que se deben seguir para operar la máquina adecuadamente y la seguridad que se debe tener en cuenta, en el momento de estar en funcionamiento.

A continuación se mostrara el proceso de operación de la máquina, para poder obtener un correcto funcionamiento.

Figura 191.

Diagrama de operación de la máquina



Nota. Se muestra el diagrama de operación de la máquina, diagrama elaborado en el software Bizagi Process Modeler

4.2.1 Preparación de la máquina

Antes de poner en funcionamiento la máquina se debe tener en cuenta las siguientes indicaciones para un correcto funcionamiento.

I: Se debe verificar que la válvula de la tolva está completamente cerrada, ya que la apertura se realiza una vez esté en funcionamiento y tenga producto

II: Tener la capacidad del producto listo para ser introducido al sistema de alimentación.

III: Se debe verificar que el contenedor se encuentre en la posición de caída del producto.

IV: Verificar las conexiones adecuadas para el arranque del motor

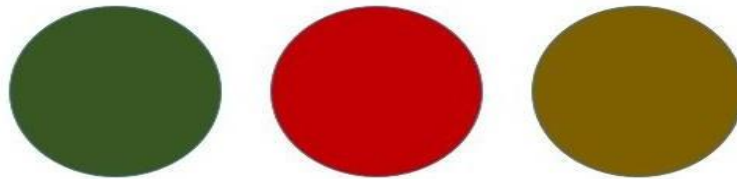
V: Suministrar una capacidad que no supere los 10 kg

VI: Verificar el funcionamiento de los rodillos.

A continuación se tiene una vista de los led de los pulsadores y el led amarillo que indica la falla en el motor

Figura 192

Representación de los leds apagados



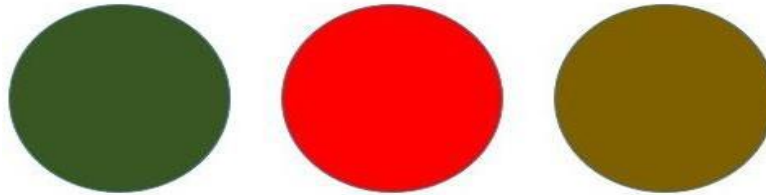
Nota. Se puede observar los indicadores luminosos de la máquina apagados

4.2.2 Operación de la máquina

Una vez encendida la máquina se debe tener en cuenta que el único indicador luminoso activo es el rojo, ya que este indica que el motor no está encendido aun como se representa a continuación.

Figura 193.

Indicador luminoso del motor apagado

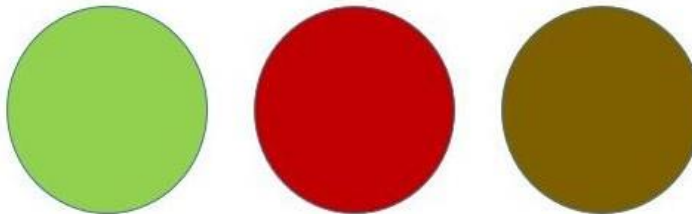


Nota. Indicador rojo activo.

Una vez puesta en marcha el motor accionando el pulsador verde, se encenderá el led verde del pulsador, indicando que está en funcionamiento como se observa en la siguiente figura.

Figura 194.

Indicador luminoso del motor activo

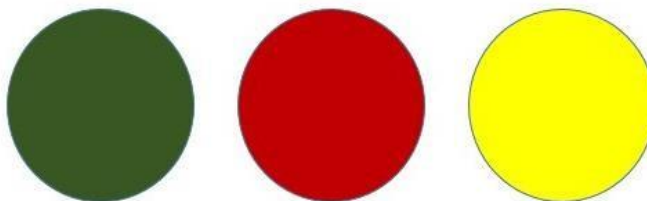


Nota. Se puede observar el led verde encendido

En caso de que se produzca algún accidente se debe accionar el pulsador rojo para poder evitar accidentes. En caso de que se produzca una falla en el motor, se activara el led de color amarillo y este bloqueara el paso de la corriente que pasa directamente al motor y deteniendo todo el proceso. A continuación se representa la activación de este led.

Figura 195.

Indicador luminoso de falla del motor



Nota. Representación del led amarillo encendido

4.2.3 Manual de seguridad

En este manual se mostraran las indicaciones que se deben tener en cuenta para los factores de riesgos que pueden ocurrir, esto con el fin de prevenir accidentes y apropiar el uso adecuado de la máquina. [55]

Tabla 71

Equipos de protección

Título de EPI	Riesgos debidos al equipo	
Cascos de protección	Peso excesivo Mala adaptación a la cabeza Insuficiente ventilación Mala estabilidad (caída casco)	
Protectores oculares	Volumen excesivo Ventilación insuficiente (vaho) Excesiva presión de contacto Mala calidad óptica (reflejos, distorsión) Reducción del campo visual	
Protectores auditivos	Volumen excesivo Demasiada presión Insuficiente transpiración Enganchamiento al pelo Deterioro de la inteligibilidad de las palabras o del reconocimiento de señales acústicas	
Protección respiratoria	Tamaño y volumen inadecuados Excesiva resistencia respiratoria Dificultad para mover la cabeza Discomfort microclimático bajo la máscara Reducción del campo visual	
Guantes	Tallas inadecuadas Adherencia excesiva Discomfort térmico Alergias a los componentes	
Calzado de seguridad	Mala adaptación al pie Transpiración insuficiente Penetración de la humedad Fatiga por utilización continuada Luxaciones y esguinces por mala sujeción	

Nota. Se muestran los equipos que se deben implementar para la operación de la máquina, Tomado de: Tu salud no está en nómina.

Disponible en:

<http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2016/02/prevencion-accidentes-con-maquinas-PARA-PYMES.pdf>

A continuación se muestran los factores de riesgo que pueden ocurrir en la máquina

Tabla 72.

Factores de riesgo en la máquina

RIESGOS	TIPO
RUIDO O VIBRACIÓN	FISICO
ERGONOMICO	FISICO
LESIÓN	FISICO
CORTO CIRCUITO	ELECTRICO
SOBRECALENTAMIENTO	ELECTRICO
DESALINEACIÓN	MECANICO
TRITURACIÓN	MECANICO
ATRAPAMIENTO	MECANICO
DESAJUSTE	MECANICO

Nota. Se muestran los tres tipos de riesgos que se pueden encontrar en la máquina

4.2.3.a. Ruido o vibración: este factor de riesgo puede dañar la salud auditiva, puede causar estreses al operador y otros aspectos de la salud como la fatiga y el sueño excesivo, que afecta el desempeño de la vida diaria. [55] Por lo que se deben establecer las siguientes medidas de mitigación:

- Utilizar elementos de seguridad
- Realizar el mantenimiento de los elementos causantes

4.2.3.b. Ergonómico: este factor se debe a una mala postura, espacio de trabajo insuficiente, operaciones realizadas al levantar objetos pesados [55] y se pueden mitigar mediante las siguientes medidas:

- Tener un espacio adecuado de trabajo
- No levantar objetos tan pesados
- No exceder el horario de trabajo

4.2.3.c. Lesión: este factor se debe por manipular elementos indebidos durante la operación de la máquina que pueden generar las lesiones y estas se pueden evitar mediante las siguientes indicaciones:

- No interactuar con los elementos mecánicos durante la operación de la máquina
- Solo el personal capacitado puede manipular la máquina

4.2.3.d. Corto circuito: este se puede generar debido a sobrecargas de energía eléctrica y se pueden dañar los elementos eléctricos de la máquina y estos se pueden mitigar de la siguiente forma:

- Utilizar el guarda motor adecuado para la máquina
- Tener en cuenta el voltaje aplicado

4.2.3.e. Sobrecalentamiento: este factor puede ser causado por un corto circuito o un elevado voltaje, además también por estar sobrecargado y usarlo por prolongadas horas, para poder evitar este tipo de factores se tienen en cuenta las siguientes indicaciones

- Tener un horario adecuado del equipo
- Conexiones en buen estado del motor
- Verificar la corriente y el voltaje aplicado al motor

4.2.3.f. Desalineación: este factor es debido a que posiblemente en los ejes halla un sobrepeso que haga que estos se doblen o se muevan de su posición causando la desalineación, para mitigar esto se indica de la siguiente manera

- No sobrecargar los ejes de los rodillos

4.2.3.g. Trituración: este factor se produce por la desalineación y puede de que los rodillos se salgan de su eje y aplasten o trituren el producto, para evitar esto se indica de la siguiente forma:

- No sobrecargar los ejes de los rodillos

4.2.3.h. Atrapamiento: este factor se debe a que los elementos mecánicos como los ejes, las poleas, engranajes y correas operen en sentido contrario, para que no ocurran este tipo de problemas se indica de la siguiente forma:

- Revisar el funcionamiento de los mecanismos en movimiento
- Verificar que no halla obstrucción de algún elemento
- Verificar que los elementos se encuentren posicionados correctamente

4.2.3.i. Desajuste: este factor se puede producir por mal acoplamiento, mala posición de la máquina y por desgaste de los elementos, para mitigar esto se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Acoplar adecuadamente los elementos mecánicos
- Colocar los elementos adecuadamente como se menciona en el manual de instalación
- Verificar la nivelación del terreno donde va a estar ubicada la máquina

4.3 Manual de mantenimiento

En el presente manual se identificaran las posibles fallas de cada elemento de la máquina, con sus respectivas inspecciones y las actividades que se deben efectuar para poder garantizar el funcionamiento adecuado de la máquina

A continuación se realiza una tabla donde se encuentran todos los elementos de estudio de la máquina.

Tabla 73.

Inspección de los componentes de la máquina

Sistema	Pieza	Inspección	Falla	Frecuencia
Alimentación	Tolva	Verificar si tiene agrietamiento	Desgaste	Semanal
	válvula	Verificar el agrietamiento y desajuste	Desgaste	Semanal
	canal	Agrietamiento, desajuste	Desgaste	Semanal
Separación	Rodillos	Verificar la adherencia, agrietamiento	Desgaste	Mensual
	ejes	Verificar la lubricación, desajuste y alineación	Desgaste	Trimestral
	engranajes	Verificar la lubricación y el agrietamiento	Desalineación y desgaste	Trimestral
Transmisión	Poleas	Verificar la alineación y desajuste	Desalineación y desgaste	Semestral
	Motor	Verificar la alineación, y acoples ajustados.	Desalineación	Mensual
	Correas	Verificar el agrietamiento y tensión	Tensión y desgaste	Semanal
	ejes	Verificar la alineación, desajuste	Desalineación	Semanal
Selección	Tamiz	Verificar el pandeo, desajuste, agrietamiento	Desgaste	Semestral
Potencia	Motor	Verificar las conexiones, fusibles, el voltaje y la corriente	Corto circuito y sobrecalentamiento	Mensual

Estructural	Viga	Verificar el agrietamiento, desajuste	Desgaste y Corrosión	Anuual	
	Columna	Verificar el agrietamiento, desajuste	Desgaste y Corrosión	Anuual	
	Tornillos	Verificar el agrietamiento, desajuste, lubricación	Desgaste y Corrosión	Anuual	
	Platinas	Verificar el agrietamiento	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Placas	Verificar el pandeo, desajuste, agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Tuercas	Verificar la lubricación, desajuste, agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Resorte	Verificar la tensión, agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Trimestral	
	Bujes	Verificar el agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Mensual	
	Paredes	Verificar pandeo, desajuste, agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Anuual	
	Placa limitante	Verificar pandeo, desajuste, agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Puente	Verificar el agrietamiento, alineación y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semanal	
	Tornillo de apriete del sujetador	Verificar el agrietamiento, desajuste lubricación y deterioro	Desgaste y Corrosión	Diario	
	Sujetador del puente	Verificar el agrietamiento, desajuste, lubricación y deterioro	Desgaste y Corrosión	Diario	
	Palanca	Verificar el agrietamiento y desajuste	Desgaste y Corrosión	Diario	
	Rodamientos	Verificar el agrietamiento, desajuste, lubricación y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Chumaceras	Verificar el agrietamiento, desajuste y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semestral	
	Base antideslizante	Verificar la adherencia, agrietamiento, el desajuste y deterioro	Desgaste y Corrosión	Mensual	
	Almacenamiento	Contenedor	Verificar el agrietamiento y deterioro	Desgaste y Corrosión	Semanal
	Control	Cables	Verificar el estado y deterioro	Desgaste	Mensual
Guardamotor		Verificar las conexiones	Desgaste y corto circuito	Mensual	
Pulsadores		Verificar las conexiones	Desgaste	Mensual	

Nota. Se muestra las inspecciones realizadas a cada sistema de la máquina

A continuación se analiza la falla y se toman las acciones dependiendo de los elementos que compone la máquina.

Tabla 74.

Acciones realizadas sobre las fallas ocurridas

Pieza	Falla	Acción
Tolva	Desgaste	Soldar las partes agrietadas de la tolva
válvula	Desgaste	Cambiar la válvula
canal	Desgaste	Cambiar el canal y/o soldar las partes agrietadas
Rodillos	Desgaste	Cambiar los rodillos
ejes	Desgaste	Alinear y lubricar
engranajes	Desalineación y desgaste	Lubricar o cambiar el engranaje
Poleas	Desalineación y desgaste	Alinear y rectificar las poleas
Motor	Desalineación	Alinear el eje del motor
Correas	Tensión y desgaste	Cambiar las correas
ejes	Desalineación	Alinear y lubricar
Tamiz	Desgaste	Cambiar el tamiz
Motor	Corto circuito y sobrecalentamiento	Cambiar el motor
Viga	Desgaste y Corrosión	Soldar, recubrilas o cambiarlas
Columna	Desgaste y Corrosión	Soldar, recubrilas o cambiarlas
Tornillos	Desgaste y Corrosión	Cambiar los tornillos

Platinas	Desgaste y Corrosión	Cambiar las platinas
Placas	Desgaste y Corrosión	Cambiar o soldar las placas
Tuercas	Desgaste y Corrosión	Cambiar los tornillos
Resorte	Desgaste y Corrosión	Cambiar el resorte
Bujes	Desgaste y Corrosión	Lubricar o Cambiar bujes
Paredes	Desgaste y Corrosión	Soldar las paredes
Placa limitante	Desgaste y Corrosión	Cambiar la placa limitante
Puente	Desgaste y Corrosión	Cambiar el puente
Tornillo de apriete del sujetador	Desgaste y Corrosión	Cambiar el tornillo
Sujetador del puente	Desgaste y Corrosión	Cambiar el sujetador
Palanca	Desgaste y Corrosión	Cambiar la palanca
Rodamientos	Desgaste y Corrosión	Cambiar los rodamientos o lubricarlos
Chumaceras	Desgaste y Corrosión	Cmabiar chumaceras o lubricarlas
Base antideslizante	Desgaste y Corrosión	Cambiar la base antideslizante
Contenedor	Desgaste y Corrosión	Rectificarlo, soldar el contenedor o cambiarlo
Cables	Desgaste	Cambiar los cables
Guardamotor	Desgaste y corto circuito	Cambiar el guardamotor
Pulsadores	Desgaste	Cambiar los pulsadores

Nota. Se muestra el análisis de fallas de los componentes de la máquina

5. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE COSTOS Y DE IMPACTO AMBIENTAL QUE PUEDA INCIDIR EN EL PROYECTO

5.1 Análisis de impacto ambiental

En este análisis se tiene en cuenta los componentes y factores ambientales, con respecto a las acciones que se van a realizar para instalar, operar y desmontar la máquina. Para poder analizar estos factores se utiliza la matriz de Leopold para el estudio del impacto ambiental.

Ahora se debe conocer como está estructurada la matriz de Leopold, esta matriz lo primero que debe tener son sus componentes entre los cuales puede ser: un componente biótico, representado como carácter biológico y otro abiótico, representado de carácter físico. Entre los factores ambientales que se utilizan en este análisis son de tipo físico lo que es el agua, el suelo y la atmosfera, para el suelo que tiene como subcomponentes la erosión y la calidad, y para la atmosfera los subcomponentes son la temperatura y el clima. A continuación se muestra la matriz de Leopold para poderla analizar posteriormente.

Tabla 75.

Matriz de Leopold para el análisis de impacto ambiental

MATRIZ DE LEOPOLD																		
COMPONENTES		FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES							PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMETICOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO FINAL DEL PROYECTO		
				Preparación del suelo	Instalación de la máquina	Residuos en los componentes mecánicos	Operación de la máquina	Residuos del proceso	Lubricación de componentes	Desmontaje de la máquina								
ABIOTICO	FISICO	AGUA	Contaminación del agua	3	1	8	1	7	3	3	3	4	-68	-103	-56	2		
			Agua potable	-3	4	-2	1	-6	-3	1								
		SUELO	Erosión	3	1	2	1	2	3	3	5	2	7	45				
			Calidad	-6	4	-2	1	-6	-3	1								
		ATMOSFERA	Temperatura	2	2	1	3	1	1	1	5	2	38	2				
			Clima	3	3	1	3	4	1	3								
		BIOTICO	BIOLOGICO	FLORA	Productos agricola	3	3	1	3	4	1	3	6	1			-10	58
					Animales	1	1	1	1	-6	1	1						
FAUNA	Animales			1	1	1	2	2	1	3	5	2	12					
	Animales			2	1	-2	1	1	1	2								
FLORA	Productos agricola	Animales	7	9	1	9	3	4	6	5	2	101						
		Animales	1	5	5	6	6	-1	-4									
FAUNA	Animales	Animales	3		2	3	5	1	1	2	4	-43						
		Animales	1		-1	-4	-6	-3	1									

Nota. Se muestra el análisis de impacto ambiental realizado para la máquina

A continuación, se explica detalladamente como se evalúan los aspectos de este análisis, para empezar se debe tener el significado de los números, estos se especifican en la tabla 76 y 77.

Tabla 76.

Impactos negativos

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
INTENSIDAD	AFECTACIÓN	CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA	CALIFICACIÓN
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	Media	puntual	2
Baja	Alta	-3	Permanente	puntual	3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	-5	Media	Local	5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Baja	-10	Temporal	Nacional	10

Nota. Se puede observar la clasificación de la magnitud e importancia del impacto ambiental negativo.

Tabla 77.

Impactos positivos

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
INTENSIDAD	AFECTACIÓN	CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA	CALIFICACIÓN
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Baja	10	Temporal	Nacional	10

Nota. Se puede observar la clasificación de la magnitud e importancia del impacto ambiental positivo

Para poder comprender los resultados antes se tiene que hacer referencia sobre cuál es la magnitud y la importancia en el análisis.

Tabla 78.

Referencia sobre la magnitud y la importancia

3	1	8	1	7	3	3	← IMPORTANCIA
-3	4	-2	1	-6	-3	1	← MAGNITUD

Nota. Se hace referencia sobre la magnitud y la importancia en el análisis

Con base en la información de la tabla 76 y 77 se realiza el respectivo análisis partiendo de la relación entre los factores ambientales y las acciones que se observan en la tabla 75, una vez se tenga realizado el análisis completo sobre la magnitud y la importancia, se procede a hallar los promedios positivos y negativos, únicamente se cuentan cuantos números positivos hay en la fila de magnitud y cuantos números negativos hay en la fila de magnitud, por ejemplo en la tabla 78 se observa que en la fila de la magnitud hay 4 números negativos los cuales corresponden al promedio negativo y 3 positivos correspondientes al promedio positivo. Una vez realizados los promedio positivos y negativos, se realiza el promedio aritmético el cual se multiplican los valores de la importancia con la magnitud y luego se suman. Para el impacto del subcomponente es realizar la sumatoria de los promedios aritméticos de cada subcomponente, es decir se suman los valores correspondientes de los subcomponentes al factor ambiental asociado. Para el impacto por componente únicamente se suman los valores de los factores ambientales asociados al componente y por último el impacto final del proyecto se obtiene de la suma de todos los impactos por componentes del análisis. Como se puede observar en la tabla 75 se obtuvo un impacto final del proyecto positivo por lo que incide positivamente al medio ambiente.

5.2 Análisis de costos de la máquina

Para este análisis se tendrán en cuenta varios aspectos a evaluar entre los cuales esta los costos de ingeniería, valor de los materiales empleados y los costos de fabricación de la máquina. Este análisis se realiza para poder conocer el costo total que tendrá la máquina. A continuación se muestra el costo de ingeniería del proyecto.

Tabla 79.*Costos de ingeniería*

Items	Unidad	Valor/unidad	Cantidad	Total
Diseñador	Horas	\$ 8.000,00	480	\$ 3.840.000,00
SolidEdge ST9	Licencia estudiantil	Gratuita	1	0
Dispositivo cómputo	Horas	\$ 1.000,00	480	\$ 480.000,00
Total				\$ 4.320.000,00

Nota. Se observar los ítems evaluados para el costo de ingeniería

Tabla 80.*Materiales empleados*

Pieza	Material	Valor/unidad		Cantidad	Total
Tubo estructural cuadrangular 30X30	ASTM A36	\$ 6.500,00	m	11	\$ 71.500,00
Tubo estructural cuadrangular con ángulo 30 x 30	ASTM A36	\$ 6.500,00	1/2 m	1	\$ 6.500,00
Lamina con ángulo de 90°	ASTM A36	\$ 6.500,00	m	11	\$ 71.500,00
Lamina con ángulo de 50°	AISI 304	\$ 5.000,00	1/2 m	2	\$ 10.000,00
Lamina Acero Inoxidable	AISI 304	\$ 20.000,00	m ²	3	\$ 60.000,00
Platina 60x30	ASTM A36	\$ 500,00	unidad	56	\$ 28.000,00
Tolva	AISI 304	\$ 120.000,00	unidad	1	\$ 120.000,00

Válvula de mariposa	AISI 304	\$ 120.000,00	unidad	1	\$ 120.000,00
Tornillo M5X9mm	Acero inoxidable	\$ 122,00	unidad	4	\$ 488,00
TORNILLO M5X10mm	Acero inoxidable	\$ 114,00	unidad	120	\$ 13.680,00
Tornillo M5X16mm	Acero inoxidable	\$ 131,00	unidad	10	\$ 1.310,00
Tornillo M5X40mm	Acero inoxidable	\$ 323,00	unidad	150	\$ 48.450,00
Tornillo M5X45mm	Acero inoxidable	\$ 325,00	unidad	2	\$ 650,00
Tornillo M6X46	Acero inoxidable	\$ 304,00	unidad	1	\$ 304,00
Tornillo M12X72	Acero inoxidable	\$ 2.160,00	unidad	4	\$ 8.640,00
Tornillo M12X80	Acero inoxidable	\$ 2.176,00	unidad	12	\$ 26.112,00
Tuerca M5	Acero inoxidable	\$ 24,00	unidad	286	\$ 6.864,00
Tuerca M12	Acero inoxidable	\$ 251,00	unidad	16	\$ 4.016,00
Resorte	ASTM A227	\$ 15.000,00	unidad	2	\$ 30.000,00
Rodamieno+ Chumacera SKF	Acero aleado	\$ 14.000,00	unidad	7	\$ 98.000,00
Eje Ø1,5X1m mecanizado	AISI 1020	\$ 120.000,00	unidad	1	\$ 120.000,00
Eje Ø1,5X0.9m mecanizado	AISI 1020	\$ 100.000,00	unidad	1	\$ 100.000,00
Eje Ø1,5X0.13m mecanizado	AISI 1020	\$ 30.000,00	unidad	1	\$ 30.000,00
Eje Ø1,5X0.15m mecanizado	AISI 1020	\$ 35.000,00	unidad	1	\$ 35.000,00
Rodillo CAELCA	Neopreno	\$ 7.800,00	kg	27,5	\$ 214.500,00
Antideslizante CAELCA	Goma	\$ 2.000,00	unidad	2	\$ 4.000,00
Engranaje mecanizado	AISI 1020	\$ 320.000,00	unidad	2	\$ 640.000,00
Guarda polea	Acero inoxidable	\$ 120.000,00	unidad	1	\$ 120.000,00
Polea PQ2V155 Intermec	Fundición Gris	\$ 180.000,00	unidad	1	\$ 180.000,00
Polea PQ1V155 Intermec	Fundición Gris	\$ 120.000,00	unidad	1	\$ 120.000,00
Polea PQ1V80 Intermec	Fundición Gris	\$ 63.000,00	unidad	1	\$ 63.000,00

Polea PQ1V233 Intermec	Fundición Gris	\$ 175.000,00	unidad	1	\$ 175.000,00
Polea PQ1V310 Intermec	Fundición Gris	\$ 250.000,00	unidad	1	\$ 250.000,00
Bujes Intermec	Fundición Gris	\$ 30.000,00	unidad	4	\$ 120.000,00
Contenedor	Polietileno	\$ 21.000,00	unidad	1	\$ 21.000,00
Motor Siemens	NA	\$ 310.000,00	unidad	1	\$ 310.000,00
Correas	Caucho industrial	\$ 3.200,00	m	152	\$ 486.400,00
Pintura-paredes de la máquina	Esmalte de poliuretano	\$ 186.000,00	galon	1	\$ 186.000,00
Total					\$ 3.900.914,00

Nota. Materiales empleados para la máquina

Tabla 81

Costos de fabricación

Procedimiento	Valor
Taladrado	\$ 70.000,00
Mecanizado	\$ 50.000,00
Corte	\$ 500.000,00
Inyección	\$ 300.000,00
Doblado	\$ 150.000,00
TOTAL	\$ 1.070.000,00

Nota. Se emplean diferentes aspectos a tener en cuenta para los costos de fabricación de la máquina

Tabla 82.

Costo general

Costo ingeniería	\$ 4.320.000,00
Costo Material	\$ 3.900.914,00
Costo de Fabricación	\$ 1.070.000,00
Imprevistos 3%	\$ 278.727,42
Total	\$ 9.569.641,42

Nota. Se observan los costos totales a tener en cuenta para el desarrollo de la máquina

CONCLUSIONES

Con este proyecto se puede evitar que los trabajadores manipulen el grano ocasionándole daño y prevenir enfermedades laborales a estos.

Se puede observar que en el país no se encuentra este tipo de máquinas especializadas hacia este producto, provocando así una disminución notable en la producción del producto, ya que la separación es artesanal.

Las matrices QFD permitieron seleccionar los componentes adecuados de la máquina, respecto a las necesidades que se requerían para el trabajo de cada una de las etapas de la máquina

Cada uno de los componentes de la máquina, fueron debidamente diseñados y seleccionados para que realicen especialmente su trabajo y estén debidamente relacionadas con los demás componentes siendo verificados por cálculos y simulaciones.

El funcionamiento y el adecuado mantenimiento son importante para que haya una operación exitosa de la máquina, evitando posibles fallas siguiendo los manuales, se tiene un procedimiento óptimo para estas funciones.

El impacto ambiental de la máquina representa un impacto positivo para el medio ambiente teniendo factores ambientales como el agua, el suelo, la atmosfera y también en los productos agrícolas, además tiene un bajo costo ya que sus elementos son comerciales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] O. C. G. A. B. Sañudo, Manejo Agronómico de leguminosas en zonas cerealistas, Pasto, 1999.
- [2] F. Tapia, «Manejo del Cultivo de Garbanzos,» 1983. [En línea]. Available: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR00683.pdf>. [Último acceso: Julio 2020].
- [3] R. B. Y., Evaluación Agroproductiva de 6 Cultivares de Garbanzo (Cicer Arietinum, L.) en la finca la estrella del Municipio las Tunas, Las Tunas, 2010.
- [4] Anónimo, «InfoAgro.com,» [En línea]. Available: <https://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>. [Último acceso: Julio 2020].
- [5] P. R. y. D. R., Área de Consolidación Gestión de Producción de Agroalimentos, Córdoba Argentina, 2014.
- [6] V. Reynoso, «Vía Orgánica,» 7 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://viaorganica.org/como-cultivar-garbanzo-organico-en-tu-casa/#:~:text=Cada%20vaina%20puede%20tener%20una,100%20d%C3%ADas%20para%20la%20cosecha..> [Último acceso: Julio 2020].
- [7] Ecohortum, «Ecohortum,» 12 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://ecohortum.com/como-cultivar-garbanzos/>. [Último acceso: Julio 2020].
- [8] M. d. A. y. D. Rural, «Siembra,» Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017. [En línea]. Available: <http://www.siembra.gov.co/Regional/ContextoAgro/Reporte>. [Último acceso: 2020].
- [9] J. V. R. V.G. Aguilar Raymundo, «ResearchGate,» Enero 2013. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Vicky_Aguilar/publication/319185894_Propiedades_nutricionales_y_funcionales_del_garbanzo_Cicer_arietinum_L/links/5999e8dbaca272e41d3ec59c/Propiedades-nutricionales-y-funcionales-del-garbanzo-Cicer-arietinum-L.pdf. [Último acceso: 2020].
- [10] O. d. A. C. M. V. O. J. de la cruz Medina, «Operaciones Postcosecha en Garbanzo,» Veracruz, 2011.
- [11] E. Raspo, «Comparación de determinación de humedad en garbanzo (Cicer Arietinum L.) por Método de estufa y a través de instrumentos de determinación electrónicos,» Universidad Nacional de Cordoba, Cordoba Argentina, 2014.

- [12] D. A. M. de Lucia, «FAO,» 1993. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041S00.htm#Contents>. [Último acceso: Julio 2020].
- [13] G. E. G.H Escobar, «Máquina desgranadora de Arveja y Frijol,» de *8vo congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*, Cusco Perú, 2007.
- [14] J. R. Garcia, «Promoción del uso colectivo de tecnologías para reducir pérdidas postcosecha en los cultivos de maíz y frijol: " Desgrane y trillado de forma mecanizada",» RED SICTA, 2013.
- [15] I. M. C. Echevarría, «Postcosecha del grano de frijol, prácticas alternativas para su manejo,» *Vil granos Instituto de Investigación de granos*, p. 66, 2014.
- [16] Cicoria, «AgriExpo,» [En línea]. Available: <https://www.agriexpo.online/es/prod/cicoria-srl/product-168708-18639.html>. [Último acceso: Julio 2020].
- [17] Taizy, «Taizy,» [En línea]. Available: <https://www.agriculture-machine.com/multifunctional-thresher-for-maize-beans-sorghum-millet/>. [Último acceso: Julio 2020].
- [18] W. Machinery, «Weiwei Machinery,» [En línea]. Available: http://www.weiweimachinery.com/products/RICE_SHELLER.html#table-info. [Último acceso: Julio 2020].
- [19] Expoimport, «Expoimport,» La castellana, [En línea]. Available: <http://www.expoimport.com/wp/?product=woo-single-2>. [Último acceso: Julio 2020].
- [20] L. Zhengzhou Hanchuang Machinery Co., «Zhengzhou Hanchuang Machinery Co., Ltd,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-automatic-green-pigeon-peas-peeler-peeling-shelling-machine-60794041134.html?spm=a2700.8699010.normalList.8.3e7441faxO1S62>. [Último acceso: Julio 2020].
- [21] L. Lushan Win Tone Engineering Technology Co., «CHINA WIN TONE MACHINERY,» [En línea]. [Último acceso: Julio 2020].
- [22] Idealtec, «Idealtec,» [En línea]. Available: https://www.idealtecsrl.com/es/almacenaje/tolvas/?cli_action=1613612091.267. [Último acceso: 2020].
- [23] A. y. ganaderia, «Agricultura y ganaderia,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.agriculturayganaderia.com/website/mercados-comportamiento-de-los->

precios-mayoristas-de-los-alimentos-en-bogota-203/. [Último acceso: 14 Septiembre 2020].

- [24] E. M. B. J. O. Q. E. R. S. M.D. Acevedo Hernández, «Determinación del ángulo de reposo para arroz en cáscara (oryza sativa), garbanzo (Cicer arietinum), sorgo (sorghum bicolor) y lenteja (lens culinaris),» Universidad Nacional de Colombia, Bogota .
- [25] R. Bonifacio, «Slide Share,» 29 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/RamiroSIUCEBONIFACIO1/diseo-de-tolvas-63586969>. [Último acceso: 15 Septiembre 2020].
- [26] B. R. Serra, «Universo formulas,» Creative Commons, 2014. [En línea]. Available: <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/volumen-tronco-piramide/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2020].
- [27] Superprof, «Superprof,» Superprof, [En línea]. Available: <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/geometria/area-trapecio.html#:~:text=Qu%C3%A9%20significa%20%C3%81rea%20del%20trapecio%20en%20Matem%C3%A1ticas&text=El%20%C3%A1rea%20del%20trapecio%20es,altura%2C%20y%20dividido%20por%20dos>. [Último acceso: 21 Septiembre 2020].
- [28] A. s. machinery, «Shelling machine,» Shelling machine, [En línea]. Available: <https://www.shellingmachine.com/application/how-to-process-chickpeas-industrially.html>. [Último acceso: 20 Octubre 2020].
- [29] Anonimo, «Características del neopreno (CR),» *Elaplas*, p. 1, 11 Marzo 2020.
- [30] E. J. D. D. M. F.P. Beer, *Mecánica de materiales*, Mc GRAW HILL, 2009.
- [31] Anonimo, «EcuRed,» MediaWiki, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Trilladora_de_granos_TG. [Último acceso: 2 Octubre 2020].
- [32] U. formulas, «Universo formulas,» Creative commons, 2014. [En línea]. Available: <https://www.universoformulas.com/fisica/cinematica/velocidad-tangencial/>. [Último acceso: 10 Octubre 2020].
- [33] K. S. Gears, «Spur Gears,» de *Spur Gears*, japon , p. 162.
- [34] J. R.G. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*, Mc Graw Hill, 2011.
- [35] F. S.A.S, «Ferrocortes,» Ferrocortes S.A.S, [En línea]. Available: <https://www.ferrocortes.com.co/acero-sae-1020/>. [Último acceso: 7 Noviembre 2020].

- [36] A. R. G. L.D. Quintero Arteaga, «Diseño y construcción de una máquina tamizadora de arenas con tamices intercambiables,» Montería, 2016.
- [37] A. C. Capingana, Dimensionamiento de una cibra vibratoria para una planta metalúrgica UEB producciones mineras de placetas, Cuba: Instituto Superior Minero Metalurgico "Dr. Antonio Núñez Jiménez", 2019.
- [38] U. f. a. S.L, «Union ferretera,» Semilla proyectos internet, [En línea]. Available: <https://www.unionferretera.com/materiales-construccion-online/cierres-metalicos-fincas-industriales/chapa-perforada-con-perforaciones-cuadradas-1.html>. [Último acceso: 23 Octubre 2020].
- [39] I. T.Kresisch, «Libróptica,» Libróptica, [En línea]. Available: <http://libroptica.com/MesaVibradora.html>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [40] peChoO, «YouTube,» Google, 13 Agosto 2020. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=oe2u4otDsFM&ab_channel=peChoO. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [41] J. N. R. G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, MC GRAW HILL, 2008.
- [42] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Mexico : Pearson prentice hall, 2006.
- [43] Electricaplicada, «Electricaplicada,» Electricaplicada, [En línea]. Available: [https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/#:~:text=La%20eficiencia%20del%20motor%20el%C3%A9ctrico,potencia%20de%20entrada%20\(el%C3%A9ctrica\).&text=La%20mayor%3%ADa%20de%20los%20motores,75%25%20de%20la%20c](https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/#:~:text=La%20eficiencia%20del%20motor%20el%C3%A9ctrico,potencia%20de%20entrada%20(el%C3%A9ctrica).&text=La%20mayor%3%ADa%20de%20los%20motores,75%25%20de%20la%20c). [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [44] SIEMENS, «SIEMENS,» [En línea]. Available: <https://motores-electricos.com.ar/wp-content/uploads/2017/08/Cata%CC%81logo-SIMOTICS-Argentina-v5.pdf>. [Último acceso: 7 Noviembre 2020].
- [45] I. S.A., Poleas en V transmisión de potencia, Intermecc.
- [46] Gates, Design manual industrial V-belts, Gates , 2004.
- [47] SKF, «SKF,» Enero 2019. [En línea]. Available: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf. [Último acceso: 21 Noviembre 2020].

- [48] C. R. S.A.S., «CNC REPOWERING,» CNC REPOWERING S.A.S., 2019. [En línea]. Available: <https://cncrepowering.com.co/es/maniobra/787-arrancador-directo-trabajo-liviano-ebchq.html>. [Último acceso: 29 Noviembre 2020].
- [49] D. M. S.A.S., «DIPAC productos de acero,» DIPAC MANTA S.A.S., 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/perfiles/angulos-nacionales>. [Último acceso: 30 Noviembre 2020].
- [50] M. s. c. d. s. d. acero, «Catalogo tècnico tubos estructurales,» *MANNISIPRE s.p.A centro de servicios del acero*, p. 16.
- [51] J. MCCORMAC, Diseño de estructuras de acero, México: Alfaomega Grupo Editor S.A., 2012.
- [52] G. d. compras, «Tornilleria,» *Gestión de compras*, p. 43.
- [53] Hilti, «La guía de instalación y especificación,» de *Manual tecnico de anclaje*, Hilti Latin América, 2016, p. 247.
- [54] B. E. S. BESA, «BESA,» BESA, Bernardo Ecerrano S.A., [En línea]. Available: <https://lab.bernardoecenarro.com/pintura-para-maquinaria-agricola/>. [Último acceso: 8 Febrero 2021].
- [55] V. S. C. Narocki, «Prevención de accidentes con máquinas,» *Guia para Pymes*, p. 116, 2012.
- [56] G. fellow, «Good fellow,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.goodfellow.com/S/Poliamida-Nilon-6.html#:~:text=Con respecto al nylon 6,directamente con una forma semiacabada..> [Último acceso: 2 Octubre 2020].
- [57] A. G. J. Pérez, «Definicion.de,» Definicion.de, 2013. [En línea]. Available: <https://definicion.de/peso-especifico/>. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [58] GoodFellow, «GoodFellow,» GoodFellow, [En línea]. Available: <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-303.html>. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [59] S. Electric, «Protección y control de motores,» de *Protección y control de motores*, Schneider Electric, p. 110.

ANEXO 1
PLANOS DE LA MÁQUINA PARA SEPARAR LOS GRANOS DE GARBANZO DE LA
VAINA DE LA ESPECIE KABULI

ANEXO 2

CATÁLOGO DE BUJES DE LA EMPRESA INTERMEC



www.intermec.com.co

SISTEMAS DE FIJACIÓN O MONTAJE

BUJES GD



Fig 13. Buje GD

INTERMEC suministra las poleas para montaje directo con hueco a la medida, cuñero o chavetero. Sin embargo, INTERMEC recomienda ampliamente que las poleas en "V" sean montadas con sistema de fijación GD que permite montar y desmontar las poleas con facilidad sin necesidad de golpearlas. Adicionalmente los bujes GD no se aflojan evitando las vibraciones y el desgaste de los ejes.

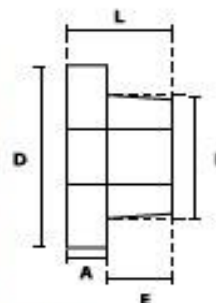


Fig 15.
Dimensiones para Bujes GD

Tabla 1: Valores de dimensiones para Bujes GD



Fig 14. Polea con Buje GD

Ref. Buje	Hueco máximo permisible con cuñero estándar		A (mm)	B (mm)	D (mm)	E (mm)	L (mm)	Tornillos requeridos	
	(mm)	(pulg)						cantidad	tamaño
JA	25,4	1	9,5	34,9	50,8	17,5	27,0	3	No, 10 x 1
SH	34,9	1-3/8	11,1	47,5	69,3	22,2	33,3	3	1/4 x 1-3/8
SDS	42,9	1-11/16	12,7	55,5	81,0	22,2	34,9	3	1/4 x 1-3/8
SD	42,9	1-11/16	12,7	55,5	81,0	33,3	46,0	3	1/4 x 1-7/8
SK	54,0	2-1/8	14,3	71,4	98,4	34,9	49,2	3	5/16 x 2
SF	57,1	2-1/4	14,3	79,3	117,5	36,1	52,4	3	3/8 x 2
E	73,0	2-7/8	19,0	97,4	152,4	47,5	65,7	3	1/2 x 2-3/4
F	84,1	3-5/16	20,8	112,7	168,3	71,4	82,1	3	9/16 x 3-5/8
J	95,2	3-3/4	25,4	130,8	194,1	86,8	114,3	3	5/8 x 4-1/2
M	120,6	4-3/4	31,7	165,1	228,6	139,7	171,4	4	3/8 x 6-3/8
N	127,0	5	38,1	177,8	254,0	168,3	205,4	4	7/8 x 6-1/2
P	150,8	5-15/16	44,1	209,5	298,4	193,7	238,1	4	1 x 6-1/2
W	190,5	7-1/2	50,8	265,1	381,0	238,1	288,9	4	1-1/8 x 11-1/2

Nota: Para saber cual Buje GD estándar le corresponde a una polea consulte las tablas de las páginas 98 a 100.

ANEXO 3

CATÁLOGO DE POLEAS DE LA EMPRESA INTERMEC

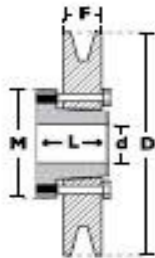
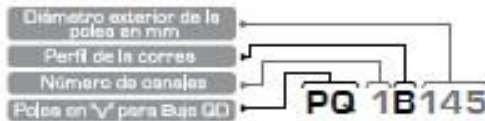


www.intarmac.com.co

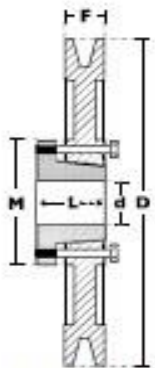
POLEAS TIPO
B

DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

Nomenclatura para poleas con Buje QD



Modelo T1



Modelo T3

Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Husco máximo con coñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
ptg	mm			mm	ptg				
1 CANAL Ancho (F) = 25,4 mm									
3,1	80	PQ 1830	JA	25,4	1	27	50	T1	1,0
3,3	85	PQ 1835	JA	25,4	1	27	50	T1	1,1
3,5	90	PQ 1830	JA	25,4	1	27	50	T1	1,1
3,7	95	PQ 1835	JA	25,4	1	27	50	T1	1,2
3,9	100	PQ 18100	SH	34,9	1 3/8	33	70	T1	1,3
4,1	105	PQ 18105	SH	34,9	1 1/3	33	70	T1	1,5
4,3	110	PQ 18110	SH	34,9	1 1/3	33	70	T1	1,6
4,5	115	PQ 18115	SH	34,9	1 1/3	33	70	T1	2,0
4,7	120	PQ 18120	SH	34,9	1 1/3	33	70	T1	2,2
4,9	125	PQ 18125	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	2,4
5,1	130	PQ 18130	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	2,5
5,3	135	PQ 18135	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	3,0
5,5	140	PQ 18140	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	3,4
5,7	145	PQ 18145	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	3,8
5,9	150	PQ 18150	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	4,0
6,1	155	PQ 18155	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	4,4
6,3	160	PQ 18160	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	4,5
6,5	165	PQ 18165	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	4,8
6,7	170	PQ 18170	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	5,0
6,9	175	PQ 18175	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	5,4
7,1	180	PQ 18180	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	5,5
7,3	185	PQ 18185	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	6,0
7,5	190	PQ 18190	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T1	6,1
7,7	195	PQ 18195	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	6,3
7,9	200	PQ 18200	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	6,3
8,3	210	PQ 18210	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	6,5
8,7	220	PQ 18220	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	6,8
8,9	225	PQ 18225	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	7,0
9,1	230	PQ 18230	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	7,7
9,4	240	PQ 18240	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	7,8
9,7	245	PQ 18245	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	8,0
9,9	250	PQ 18250	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	8,1
10,2	260	PQ 18260	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	8,4
10,6	270	PQ 18270	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	8,3
11,0	280	PQ 18280	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	8,7
11,3	290	PQ 18290	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	10,0
11,6	300	PQ 18300	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	11,2
12,5	320	PQ 18320	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	12,0
13,8	350	PQ 18350	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	14,0
15,0	380	PQ 18380	SDG	42,9	1 1/2	35	80	T3	16,2
15,7	400	PQ 18400	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	17,0
16,5	420	PQ 18420	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	18,0
17,7	450	PQ 18450	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	18,7
18,8	480	PQ 18480	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	20,0
19,7	500	PQ 18500	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	22,3
20,3	515	PQ 18515	SK	54,0	2 1/8	50	100	T3	23,0
21,7	550	PQ 18550	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	24,5
22,8	600	PQ 18600	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	26,7
23,8	650	PQ 18650	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	29,0
27,6	700	PQ 18700	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	31,3
30,3	770	PQ 18770	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	34,4
35,3	875	PQ 18875	SK	57,1	2 3/8	50	120	T3	43,5

ANEXO 4

CATÁLOGO DE POLEAS DE LA EMPRESA INTERMEC



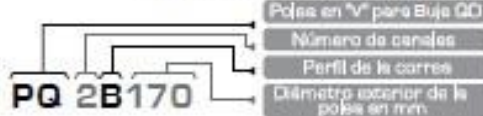
www.intermec.com.co

DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

POLEAS TFPD

B

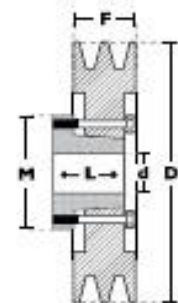
Nomenclatura para poleas con Buje QD



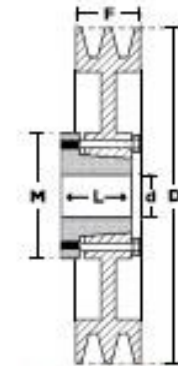
2 CANALES

Ancho [F] = 44,4 mm

Diámetro Exterior [D]		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con cutero estándar [d]		Longitud del Buje en mm [L]	Diámetro del buje en mm [M]	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
3,1	80	PQ-2B80	JA	25,4	1	27	50	T2	0,8
3,3	85	PQ-2B85	JA	25,4	1	27	50	T2	0,9
3,5	90	PQ-2B90	JA	25,4	1	27	50	T2	0,9
3,7	95	PQ-2B95	SH	34,9	3/8	33	70	T2	1,0
3,9	100	PQ-2B100	SH	34,9	3/8	33	70	T2	1,4
4,1	105	PQ-2B105	SH	34,9	3/8	33	70	T2	1,6
4,3	110	PQ-2B110	SH	34,9	3/8	33	70	T2	2,0
4,5	115	PQ-2B115	SH	34,9	3/8	33	70	T2	2,2
4,7	120	PQ-2B120	SH	34,9	3/8	33	70	T2	2,8
4,9	125	PQ-2B125	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	4,8
5,1	130	PQ-2B130	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	5,0
5,3	135	PQ-2B135	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	5,4
5,5	140	PQ-2B140	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	5,6
5,7	145	PQ-2B145	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	5,8
5,9	150	PQ-2B150	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	6,0
6,1	155	PQ-2B155	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	7,0
6,3	160	PQ-2B160	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	7,5
6,5	165	PQ-2B165	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	7,8
6,7	170	PQ-2B170	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	8,0
6,9	175	PQ-2B175	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	9,0
7,1	180	PQ-2B180	SDS	42,9	1/16	35	80	T2	9,5
7,3	185	PQ-2B185	SK	54,0	2/8	50	100	T2	8,8
7,5	190	PQ-2B190	SK	54,0	2/8	50	100	T2	10,7
7,7	195	PQ-2B195	SK	54,0	2/8	50	100	T3	11,0
7,9	200	PQ-2B200	SK	54,0	2/8	50	100	T3	11,4
8,3	210	PQ-2B210	SK	54,0	2/8	50	100	T3	12,0
8,7	220	PQ-2B220	SK	54,0	2/8	50	100	T3	12,7
8,9	225	PQ-2B225	SK	54,0	2/8	50	100	T3	13,0
9,1	230	PQ-2B230	SK	54,0	2/8	50	100	T3	13,3
9,4	240	PQ-2B240	SK	54,0	2/8	50	100	T3	13,6
9,7	245	PQ-2B245	SK	54,0	2/8	50	100	T3	14,0
9,8	250	PQ-2B250	SK	54,0	2/8	50	100	T3	14,1
10,2	260	PQ-2B260	SK	54,0	2/8	50	100	T3	14,7
10,6	270	PQ-2B270	SK	54,0	2/8	50	100	T3	15,3
11,0	280	PQ-2B280	SK	54,0	2/8	50	100	T3	15,9
11,3	290	PQ-2B290	SK	54,0	2/8	50	100	T3	16,0
11,8	300	PQ-2B300	SK	54,0	2/8	50	100	T3	16,8
12,6	320	PQ-2B320	SK	54,0	2/8	50	100	T3	17,0
13,6	350	PQ-2B350	SK	54,0	2/8	50	100	T3	19,0
15,0	380	PQ-2B380	SK	54,0	2/8	50	100	T3	21,0
15,7	400	PQ-2B400	SK	54,0	2/8	50	100	T3	23,0
16,5	420	PQ-2B420	SK	54,0	2/8	50	100	T3	25,0
17,7	450	PQ-2B450	SK	54,0	2/8	50	100	T3	26,8
18,9	480	PQ-2B480	SK	54,0	2/8	50	100	T3	30,0
19,7	500	PQ-2B500	SK	54,0	2/8	50	100	T3	37,6
20,3	515	PQ-2B515	SK	57,1	2/4	50	100	T3	39,0
21,7	550	PQ-2B550	SK	57,1	2/4	50	120	T3	61,0
23,5	600	PQ-2B600	SK	57,1	2/4	50	120	T3	64,0
25,6	650	PQ-2B650	SK	57,1	2/4	50	120	T3	85,0
27,6	700	PQ-2B700	SK	57,1	2/4	50	120	T3	82,7
30,3	770	PQ-2B770	SK	57,1	2/4	50	120	T3	101,8
32,3	825	PQ-2B825	SK	57,1	2/4	50	120	T3	128,7



Modelo T2



Modelo T3

ANEXO 5

CATÁLOGO DE TORNILLOS DE GESTIÓN DE COMPRAS



GESTIÓN DE COMPRAS

TORNILLOS Y PERNOS

TORNILLO HEXAGONAL ROSCA COMPLETA

DIN 933

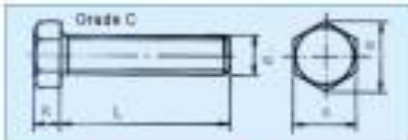


Grado de acabado
8.8
10.9
12.9

Rosca		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
Profundidad		0.7	0.8	1	1.25	1.6	1.75	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	5.5
L		3.5	3.5	4	5.5	6.4	7.5	8.5	10	11.5	13.5	16	18	17	18.7
H	Grado A	7.68	8.78	11.05	14.28	18.8	21.1	24.45	28.76	33.18	38.72	45.88	52.2	60.2	68.85
	Grado B	-	8.63	10.88	14.2	18.75	20.88	23.81	28.17	32.66	38.85	46.03	52.58	60.2	68.85
d		4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
L		8-40	8-40	8-50	12-60	16-60	20-60	25-80	30-100	35-100	45-100	50-100	55-100	60-100	70-100

TORNILLO HEXAGONAL ROSCA COMPLETA

DIN 558



Grado de acabado
8.8

Rosca		M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
Profundidad		0.8	1	1.25	1.6	1.75	2	2.5	3	3.5
L		3.5	4	5.5	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7
H		8.63	10.88	14.2	18.75	20.88	26.17	32.66	38.85	46.79
d		6	8	10	12	16	20	24	30	36
L		10-60	12-60	16-60	18-60	20-100	25-100	30-100	35-100	40-100

TORNILLO HEXAGONAL ROSCA COMPLETA

ISO 4017



Grado de acabado
8.8
10.9
12.9

Rosca		M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
Profundidad		0.8	1	1.25	1.6	1.75	2	2.5	3	3.5
L		3.5	4	5.5	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7
H	Grado A	8.78	11.05	14.28	17.77	20.83	26.76	33.53	38.85	-
	Grado B	-	-	-	-	-	26.17	32.66	38.85	46.79
d		6	8	10	12	16	20	24	30	36
L		8-40	8-50	12-60	16-60	20-80	25-100	30-100	35-100	40-100

ANEXO 6

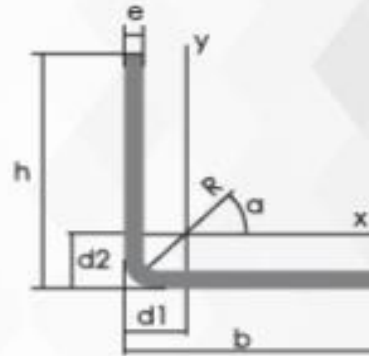
CATÁLOGO DE ÁNGULO DOBLADO DE LA EMPRESA DIPAC

PERFILES

PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2,00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro



Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo α	Ejes de Inercia											
									Eje X-X			Eje Y-Y			Eje U-U			Eje V-V		
									Ix	Wy	rx	Iy	Wx	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm									
L 20x 2	20	20	2	0,37	0,73	0,60	0,80	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,78	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,68	0,88	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,48	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,36	0,32	0,78	0,36	0,32	0,78	0,82	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,49
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,36	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,08	1,19	0,49	0,46	0,69
L 30x 4	30	30	4	1,85	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,25	2,44	0,84	1,25	3,96	1,40	1,61	0,82	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,76
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,58	1,24	4,44	1,58	1,24	7,23	2,58	1,68	1,05	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,82	1,22	5,29	1,82	1,22	8,80	3,11	1,68	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,85	1,57	7,01	1,85	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,98
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	8,01	2,54	1,56	8,01	2,54	1,56	14,78	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,80	12,34	2,84	1,80	20,03	4,72	2,42	4,85	2,19	1,18
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,67	19,33	4,55	1,67	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,48	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,78	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,89	3,01	14,35	5,49	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,53	2,17	2,17	45,00	45,80	8,56	2,34	45,80	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	38,00	6,72	2,53	38,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,05
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,85	8,26	2,51	47,85	8,26	2,51	77,64	13,72	3,21	17,85	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	9,03	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,88	2,47	71,03	12,88	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,80	3,16	28,34	10,04	1,42
L 100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

*Otras calidades, largos y acabados: previa consulta

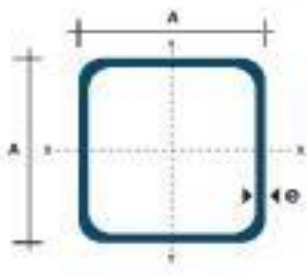
ANEXO 6

CATÁLOGO DE TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO DE LA EMPRESA DIPAC

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm



Dimensiones		Área		Ejes X-X' Y-Y'		
A mm	Espesor mm (t)	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	0.89	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	1.08	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.48	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	1.83	2.25	5.48	2.74	1.50
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.45	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.25	2.85	11.06	4.42	1.87
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.68	3.74	21.26	7.09	2.30
60	3.0	5.42	6.81	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.48	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.82
75	4.0	8.88	10.99	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.89
100	3.0	9.17	11.41	176.86	35.20	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.99	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.26	270.57	54.11	3.84

TUBERIA

www.dipacmanta.com

ANEXO 7

CATÁLOGO DE TUBOS ESTRUCTURALES DE LA EMPRESA MANNISPRE

Nota: las propiedades técnicas se han determinado teniendo en consideración un radio de giro en los ángulos por a:
 * externo = 1,25 x a
 * interno = 1,00 x a



TUBOS ESTRUCTURALES DE SECCIÓN CUADRADA LAMINADOS EN CALIENTE											
Dimensiones H x B (mm)	Espesor S (mm)	Masa M (kg/m)	Área A (cm ²)	Momento de inercia J (cm ⁴)	Radio de giro i (cm)	Módulo de flexión elástico W (cm ³)	Módulo de flexión plástico Wp (cm ³)	Constantes de torsión Jt (cm ⁴) Wt (cm ³)		Área superficial por metro lineal	Long. (°) aprox. por ciclo
30x30	2.0	1.33	1.62	3.76	3.73	3.76	6.86	1.22	1.67	0.076	893
30x30	2.5	1.69	1.72	6.87	3.71	6.88	1.03	1.41	1.21	0.073	791
30x30	3.0	2.07	1.80	11.24	3.58	11.25	1.06	1.02	1.01	0.069	700
30x30	3.5	2.41	2.22	15.35	3.35	15.36	1.27	1.29	1.29	0.065	630
30x30	4.0	2.84	2.60	20.06	3.03	20.07	1.66	1.72	1.71	0.060	569
30x30	4.5	3.26	2.79	24.38	2.80	24.39	1.77	2.01	2.00	0.057	508
30x30	5.0	3.71	2.70	28.30	2.52	28.31	2.76	3.40	3.39	0.054	448
30x30	5.5	4.17	2.59	31.80	2.20	31.81	2.96	3.71	3.70	0.051	388
30x30	6.0	4.61	2.38	34.90	1.80	34.91	2.67	3.45	3.44	0.047	328
40x40	2.5	2.88	2.72	6.67	4.32	6.67	5.21	11.6	6.32	0.154	1013
40x40	3.0	3.67	6.46	6.86	4.31	6.86	6.07	15.7	7.71	0.164	1100
40x40	3.5	4.41	6.66	18.8	4.30	6.82	6.88	16.8	7.62	0.152	1079
40x40	4.0	5.29	6.68	12.1	4.06	6.87	7.81	18.5	8.56	0.161	1205
40x40	4.5	6.28	6.88	13.8	3.82	6.82	8.83	21.8	9.65	0.169	1300
50x50	3.0	4.26	6.72	17.3	4.86	7.37	6.34	21.8	10.7	0.166	1210
50x50	3.5	5.26	6.60	30.5	4.75	8.28	8.82	33.8	11.8	0.166	1300
50x50	4.0	6.30	6.36	21.8	4.51	8.62	10.4	33.8	12.4	0.160	1210
50x50	4.5	7.38	7.38	18.7	4.27	10.2	12.5	46.8	14.3	0.167	1370
50x50	5.0	8.50	6.98	23.8	4.03	11.8	14.8	41.8	16.7	0.168	1460
50x50	5.5	9.67	7.08	23.8	3.79	13.8	17.5	53.2	18.8	0.165	1550
60x60	3.0	5.38	6.80	26.6	5.22	12.2	14.3	48.8	17.7	0.228	1800
60x60	3.5	6.47	7.22	28.7	5.25	13.8	15.3	60.7	18.8	0.210	1710
60x60	4.0	7.67	8.00	46.7	5.28	15.8	18.8	73.8	22.1	0.221	1840
60x60	4.5	8.89	10.8	39.8	5.26	18.7	22.3	86.2	25.4	0.229	1980
60x60	5.0	10.2	13.3	63.8	5.18	21.7	26.8	100	28.7	0.238	2130
60x60	5.5	11.6	16.3	68.8	5.12	21.8	28.3	110	31.8	0.222	--
60x60	6.0	13.1	18.3	73.8	5.11	24.7	31.8	118	33.8	0.227	2010
60x60	6.5	14.6	17.2	123	5.05	26.3	32.2	128	36.8	0.217	--
60x60	7.0	16.1	18.8	138	5.00	28.7	34.4	137	38.8	0.218	--
60x60	7.5	17.6	20.5	17.7	4.95	30.7	35.8	148	40.7	0.212	--
60x60	8.0	19.2	22.1	18.8	4.88	33.8	38.8	158	43.8	0.208	--
70x70	3.0	6.38	8.20	33.8	5.72	17.8	20.8	151	28.8	0.214	2000
70x70	3.5	7.46	8.58	46.8	5.70	19.8	23.8	168	28.7	0.212	1910
70x70	4.0	8.66	12.8	61.3	5.68	21.2	24.2	183	30.8	0.208	1810
70x70	4.5	10.2	15.8	106	5.58	23.8	27.8	199	33.8	0.206	1810
70x70	5.0	11.8	17.3	112	5.56	25.8	28.2	205	36.8	0.202	--
70x70	5.5	13.4	19.5	122	5.53	28.3	31.8	205	39.8	0.202	1810
70x70	6.0	15.1	23.7	138	5.46	30.8	34.8	213	41.8	0.207	--
70x70	6.5	16.8	22.8	153	5.45	33.8	38.2	227	44.8	0.204	--
70x70	7.0	18.4	24.7	139	5.36	36.8	42.8	238	46.2	0.202	--
70x70	7.5	20.2	27.1	152	5.29	40.8	46.2	248	48.8	0.208	--
70x70	8.0	22.0	29.8	168	5.24	44.8	50.8	258	51.8	0.214	1910
80x80	3.0	7.38	9.20	46.8	6.58	21.2	24.8	227	33.8	0.212	1910
80x80	3.5	8.58	13.8	59.8	6.51	23.8	28.3	247	36.8	0.209	1810
80x80	4.0	9.89	16.8	73.8	6.45	26.3	31.8	267	39.8	0.206	1810
80x80	4.5	11.2	18.8	88.8	6.38	28.8	34.8	286	42.8	0.202	--
80x80	5.0	12.6	22.7	104	6.32	31.8	38.2	312	46.8	0.202	1810
80x80	5.5	14.1	24.7	109	6.27	34.8	41.7	332	50.8	0.207	--
80x80	6.0	15.6	28.8	125	6.21	37.8	45.2	348	54.8	0.204	--
80x80	6.5	17.1	30.8	131	6.16	40.8	48.7	362	58.8	0.207	--
80x80	7.0	18.6	33.8	147	6.11	43.8	52.2	378	62.8	0.202	--
80x80	7.5	20.2	36.8	163	6.06	46.8	55.7	392	66.8	0.208	--
90x90	3.0	8.38	13.8	131	7.32	26.7	31.8	327	46.8	0.212	1910
90x90	3.5	9.58	16.8	167	7.25	28.7	34.8	347	49.8	0.209	1810
90x90	4.0	10.8	20.8	202	7.18	30.8	37.8	367	52.8	0.206	1810
90x90	4.5	12.1	24.8	238	7.11	32.8	40.8	387	55.8	0.202	--
90x90	5.0	13.4	28.8	273	7.04	34.8	43.8	407	58.8	0.207	--
90x90	5.5	14.7	32.8	308	6.97	36.8	46.8	427	61.8	0.202	--
90x90	6.0	16.0	36.8	343	6.90	38.8	49.8	447	64.8	0.207	--
90x90	6.5	17.3	40.8	378	6.83	40.8	52.8	467	67.8	0.202	--
90x90	7.0	18.6	44.8	413	6.76	42.8	55.8	487	70.8	0.207	--
90x90	7.5	20.0	48.8	448	6.69	44.8	58.8	507	73.8	0.212	--
90x90	8.0	21.3	52.8	483	6.62	46.8	61.8	527	76.8	0.207	--
90x90	8.5	22.6	56.8	518	6.55	48.8	64.8	547	79.8	0.202	--
90x90	9.0	23.9	60.8	553	6.48	50.8	67.8	567	82.8	0.207	--
100x100	3.0	9.38	18.8	167	8.58	31.8	36.8	392	56.8	0.216	1910
100x100	3.5	10.58	22.8	202	8.51	33.8	39.8	412	59.8	0.213	1810
100x100	4.0	11.78	26.8	238	8.44	35.8	42.8	432	62.8	0.210	--
100x100	4.5	12.98	30.8	273	8.37	37.8	45.8	452	65.8	0.206	--
100x100	5.0	14.18	34.8	308	8.30	39.8	48.8	472	68.8	0.202	--
100x100	5.5	15.38	38.8	343	8.23	41.8	51.8	492	71.8	0.207	--
100x100	6.0	16.58	42.8	378	8.16	43.8	54.8	512	74.8	0.202	--
100x100	6.5	17.78	46.8	413	8.09	45.8	57.8	532	77.8	0.207	--
100x100	7.0	18.98	50.8	448	8.02	47.8	60.8	552	80.8	0.212	--
100x100	7.5	20.18	54.8	483	7.95	49.8	63.8	572	83.8	0.207	--
100x100	8.0	21.38	58.8	518	7.88	51.8	66.8	592	86.8	0.212	--
100x100	8.5	22.58	62.8	553	7.81	53.8	69.8	612	89.8	0.207	--
100x100	9.0	23.78	66.8	588	7.74	55.8	72.8	632	92.8	0.212	--
100x100	9.5	24.98	70.8	623	7.67	57.8	75.8	652	95.8	0.207	--
100x100	10.0	26.18	74.8	658	7.60	59.8	78.8	672	98.8	0.212	--
100x100	10.5	27.38	78.8	693	7.53	61.8	81.8	692	101.8	0.207	--
100x100	11.0	28.58	82.8	728	7.46	63.8	84.8	712	104.8	0.212	--
100x100	11.5	29.78	86.8	763	7.39	65.8	87.8	732	107.8	0.207	--
100x100	12.0	30.98	90.8	798	7.32	67.8	90.8	752	110.8	0.212	--
120x120	3.0	11.38	28.8	238	10.58	36.8	41.8	452	66.8	0.228	1910
120x120	3.5	12.58	32.8	273	10.51	38.8	44.8	472	69.8	0.225	1810
120x120	4.0	13.78	36.8	308	10.44	40.8	47.8	492	72.8	0.222	--
120x120	4.5	14.98	40.8	343	10.37	42.8	50.8	512	75.8	0.218	--
120x120	5.0	16.18	44.8	378	10.30	44.8	53.8	532	78.8	0.214	--
120x120	5.5	17.38	48.8	413	10.23	46.8	56.8	552	81.8	0.210	--
120x120	6.0	18.58	52.8	448	10.16	48.8	59.8	572	84.8	0.206	--
120x120	6.5	19.78	56.8	483	10.09	50.8	62.8	592	87.8	0.212	--
120x120	7.0	20.98	60.8	518	10.02	52.8	65.8	612	90.8	0.207	--
120x120	7.5	22.18	64.8	553	9.95	54.8	68.8	632	93.8	0.212	--
120x120	8.0	23.38	68.8	588	9.88	56.8	71.8	652	96.8	0.207	--
120x120	8.5	24.58	72.8	623	9.81	58.8	74.8	672	99.8	0.212	--
120x120	9.0	25.78	76.8	658	9.74	60.8	77.8	692	102.8	0.207	--
120x120	9.5	26.98	80.8	693	9.67	62.8	80.8	712	105.8	0.212	--
120x120	10.0	28.18	84.8	728	9.60	64.8	83.8	732	108.8	0.207	--
120x120	10.5	29.38	88.8	763	9.53	66.8	86.8	752	111.8	0.212	--
120x120	11.0	30.58	92.8	798	9.46	68.8	89.8	772	114.8	0.207	--
120x120	11.5	31.78	96.8	833	9.39	70.8	92.8	792	117.8	0.212	--
120x120	12.0	32.98	100.8	868	9.32	72.8	95.8	812	120.8	0.207	--

(*) Valores redondeados.

ANEXO 8

CATÁLOGO DEL MOTOR DE LA EMPRESA SIEMENS

kW	Tamaño IEC	Código MLFB	IE	Velocidad rpm	Tn (Nm)	I vacío (A)	In (A)	Factor de potencia	Eficiencia 4/4	Eficiencia 3/4	Eficiencia 2/4	I arr	T arr	T max	Momento de Inercia (Kg.m ²)	Kgs (IMB3)	Rodamiento LA	Rodamiento LCA
1500 rpm, 4 polos, Fundición de Hierro, 220VD / 380VY, 50 Hz																		
0,55	80M	1LE0102-0DB22-1AA4	-	1415	3,7	0,80	1,49	0,81	69,4	69,9	66,8	4,5	2,0	2,6	0,0016	17,0	6204 22 C3	6204 22 C3
0,75	80M	1LE0102-0DB32-1AA4	IE1	1405	5,1	1,04	1,95	0,81	72,1	73,7	71,8	4,8	2,0	2,6	0,0019	18,5	6204 22 C3	6204 22 C3
1,1	90S	1LE0102-0EB02-1AA4	IE1	1420	7,4	1,66	2,80	0,80	75,0	77,3	74,3	5,4	2,0	2,6	0,0027	23	6205 22 C3	6205 22 C3
1,5	90L	1LE0102-0EB42-1AA4	IE1	1425	10,0	2,20	3,65	0,81	77,2	77,3	75,1	5,6	2,0	2,5	0,0034	26	6205 22 C3	6205 22 C3
2,2	100L	1LE0102-1AB42-1AA4	IE1	1425	14,8	2,95	5,2	0,81	79,7	80,7	78,7	5,8	2,4	2,9	0,0063	30	6206 22 C3	6206 22 C3
3	100L	1LE0102-1AB52-1AA4	IE1	1420	20,2	3,30	6,7	0,83	81,5	83,1	81,5	6,5	2,8	3,1	0,0081	33	6206 22 C3	6206 22 C3
4	112M	1LE0102-1BB22-1AA4	IE1	1445	26,4	5,6	9,3	0,79	83,1	83,3	81,5	7,4	2,8	3,3	0,011	44	6206 22 C3	6206 22 C3
5,5	132S	1LE0102-1CB02-1AA4	IE1	1450	36,2	5,9	12,0	0,82	84,7	85,5	84,3	6,5	2,0	3,1	0,019	59	6208 22 C3	6208 22 C3
7,5	132M	1LE0102-1CB22-1AA4	IE1	1435	50,0	7,3	16,2	0,82	86,0	87,2	87,2	6,4	2,3	3,1	0,025	70	6208 22 C3	6208 22 C3
1500 rpm, 4 polos, Fundición de Hierro, 380VD / 660VY, 50 Hz																		
2,2	100L	1LE0102-1AB43-3AA4	IE1	1425	14,8	2,85	5,2	0,81	79,7	80,7	78,7	5,8	2,4	2,9	0,0063	30	6206 22 C3	6206 22 C3
3	100L	1LE0102-1AB53-3AA4	IE1	1420	20,2	3,30	6,7	0,83	81,5	83,1	81,5	6,5	2,8	3,1	0,0081	33	6206 22 C3	6206 22 C3
4	112M	1LE0102-1BB23-3AA4	IE1	1445	26,4	5,4	9,3	0,79	83,1	83,3	81,5	7,4	2,8	3,3	0,011	44	6206 22 C3	6206 22 C3
5,5	132S	1LE0102-1CB03-3AA4	IE1	1450	36,2	5,8	12,0	0,82	84,7	85,5	84,3	6,5	2,0	3,1	0,019	59	6208 22 C3	6208 22 C3
7,5	132M	1LE0102-1CB23-3AA4	IE1	1435	50,0	6,8	16,2	0,82	86,0	87,2	87,2	6,4	2,3	3,1	0,025	70	6208 22 C3	6208 22 C3
11	160M	1LE0102-1DB23-3AA4	IE1	1455	72,0	9,8	22,5	0,84	87,6	88,5	87,8	6,9	2,2	3,3	0,045	99	6209 22 C3	6209 22 C3
15	160L	1LE0102-1DB43-3AA4	IE1	1460	98,0	14,0	30,5	0,84	88,7	89,4	88,6	7,8	2,7	3,8	0,060	125	6209 22 C3	6209 22 C3
18,5	180M	1LE0102-1EB23-3AA4	IE1	1470	120	14,5	37,0	0,85	89,3	90,3	89,9	7,8	2,7	3,5	0,13	163	6210 2 C3	6210 2 C3
22	180L	1LE0102-1EB43-3AA4	IE1	1465	143	16,7	43,5	0,85	89,9	90,9	89,9	7,8	2,4	3,2	0,14	179	6210 2 C3	6210 2 C3
30	200L	1LE0102-2AB43-3AA4	IE1	1470	195	24,0	59	0,85	90,7	91,6	90,5	7,4	2,4	3,1	0,22	235	6212 2 C3	6212 2 C3
37	225S	1LE0102-2BB03-3AA4	IE1	1470	240	24,5	72	0,86	91,2	91,8	91,0	7,3	2,3	2,8	0,44	295	6213 2 C3	6213 2 C3
45	225M	1LE0102-2BB23-3AA4	IE1	1475	292	30,0	86	0,87	91,7	92,4	92,0	7,8	2,9	3,3	0,50	322	6213 2 C3	6213 2 C3
55	250M	1LE0102-2CB23-3AA4	IE1	1478	356	34,0	106	0,86	92,1	92,8	92,0	7,6	3,0	2,8	0,80	410	6215 C3	6215 C3
75	280S	1LE0102-2DB03-3AA4	IE1	1480	484	44,0	140	0,88	92,7	93,3	92,2	7,2	2,6	2,8	1,3	540	6317 C3	6317 C3
90	280M	1LE0102-2DB23-3AA4	IE1	1485	579	61	167	0,88	93,0	93,5	92,2	7,8	2,7	2,8	1,4	600	6317 C3	6317 C3
110	315S	1LE0102-3AB03-3AA4	IE1	1490	706	74	211	0,85	93,3	93,4	92,5	8,6	2,8	3,1	2,2	745	6319 C3	6319 C3
132	315M	1LE0102-3AB23-3AA4	IE1	1488	848	63	245	0,87	93,5	93,8	93,4	7,3	2,5	2,7	2,5	875	6319 C3	6319 C3
160	315L	1LE0102-3AB53-3AA4	IE1	1488	1030	87	300	0,87	93,8	94,0	93,6	7,4	3,0	2,9	3,0	950	6319 C3	6319 C3
185	315L	1LE0102-3AB63-3AA4	IE1	1490	1185	97	340	0,88	93,9	94,1	93,6	7,6	3,0	2,9	3,6	1060	6319 C3	6319 C3
200	315L	1LE0102-3AB73-3AA4	IE1	1488	1285	88	365	0,88	94,0	94,3	94,1	7,4	3,0	3,0	3,7	1070	6319 C3	6319 C3
220	355M	1LE0102-3BB23-3AA4	IE1	1490	1410	62	400	0,87	95,0	95,1	93,1	6,5	2,1	2,2	6,6	1630	6322 C3	6322 C3
250	355M	1LE0102-3BB33-3AA4	IE1	1490	1602	62	440	0,87	95,2	95,2	93,6	6,5	2,1	2,2	6,9	1650	6322 C3	6322 C3
280	355L	1LE0102-3BB53-3AA4	IE1	1490	1795	75	510	0,87	95,2	95,2	93,4	6,5	2,1	2,2	7,7	1820	6322 C3	6322 C3
315	355L	1LE0102-3BB63-3AA4	IE1	1490	2019	76	560	0,87	95,2	95,3	93,6	6,5	2,1	2,2	8,5	1890	6322 C3	6322 C3















ANEXO 9

MANUAL TÉCNICO DE ANCLAJE DE LA EMPRESA HILTI



Sistemas de anclaje post instalados

Selector de anclajes

	Aprobaciones						Cabeza			Corrosión ¹		Tamaño ²		
	IOC-ES	ACI 308.2	FM	UL	COLOA	Florida Building Code High Velocity Hurricane Zone	Anclaje de expansión	Con rosca interna	Perno hexagonal	Zinc galvanizado	Galvanizado en caliente	Acero inoxidable	Diámetro mínimo	Diámetro máximo
Anclaje de seguridad por autoexcavado HDA 	AC193	■			■		■			■	■	316	M10	M20
Anclaje de expansión para grandes cargas HSL-3 	AC193	■			■		■	■	■				M8	M24
Anclaje de expansión Kwik Bolt TZ (KB-TZ) 	AC193	■	■	■	■		■					304/ 316	3/8"	3/4"
Anclaje atomizable Kwik HUS-EZ (KH-EZ) 	AC193 AC105	■			■	■			■	■			1/4"	3/4"
Anclaje atomizable Kwik HUS-EZ I (KH-EZ I) 	AC193	■	■		■	■	■ ¹			■			1/4"	3/8"
Anclaje de expansión Kwik Bolt 3 (KB 3) 	AC01 AC193	■	■	■	■		■					304/ 316	1/4"	1"
Anclaje atomizable Kwik HUS 		■							■	■			3/8"	3/4"
Anclaje de rosca interna HDI+/HDI-L+/HDI/HDI-L 			■	■				■		■		303	1/4"	3/4"
Anclaje de rosca interna HDV 			■	■				■		■		303	1/4"	1/2"
Anclaje espiral HCA 									■	■			1/4"	3/4"
Anclaje de chapa HLC 				■					■	■		304	1/4"	3/4"
Anclaje de IMPACTO HPS-1 										■		304	3/16"	5/16"
HTB TOGGLER® Bolt 										■			3/16"	1/2"
HLD KWIK-Tog 													#8	#10

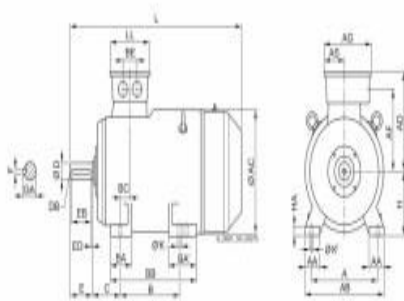
■ Apropriado. Datos técnicos están disponibles para esta aplicación. Consulte las secciones relacionadas en este manual.
 □ Puede ser apropiado. Sistema de anclaje puede funcionar correctamente. Sin embargo no hay datos disponibles.
 * No taladro de diamante

¹ Para mayor información de corrosión y resistencia a la corrosión, por favor referirse a la Sección 2.3.

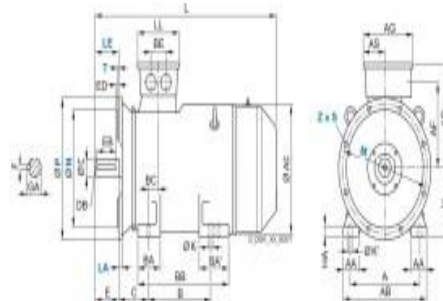
ANEXO 10
MOTOR IMB3 DE LA MÁQUINA

Dimensiones Motores 1LE0

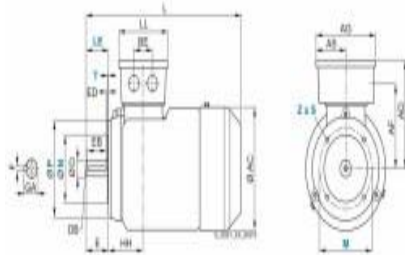
IMB3



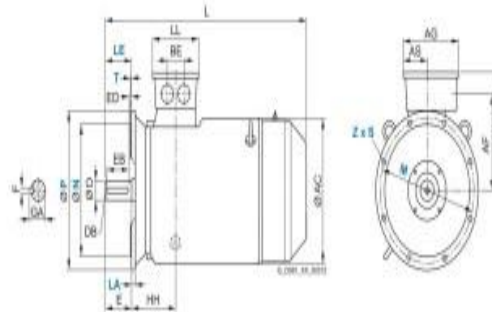
IMB5 - IMV1



IMB35



IMB14



ANEXO 11

CATÁLOGO DE CORREAS DE LA EMPRESA GATES

PULLEYS

1. GROOVE SPECIFICATIONS FOR V-BELT PULLEYS

Figure 3 - Groove dimension nomenclature for V-belts

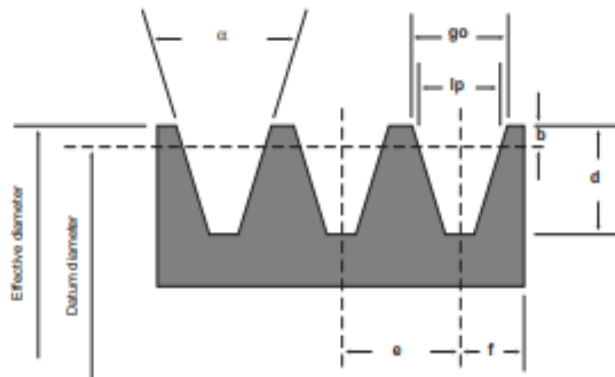


Table No. 15 - Groove dimensions and tolerances for Hi-Power® PowerBand® according to RMA engineering standards

Cross-section	Effective diam. range mm	Groove angle α	go mm	d mm	e mm	f mm
A - PowerBand®	< 140	$34^\circ \pm 1/2^\circ$	12.55 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	$9.53 (+1.78/-0)$
	> 140	$38^\circ \pm 1/2^\circ$	12.80 ± 0.13	12.45 ± 0.79	15.88 ± 0.60	$9.53 (+1.78/-0)$
B - PowerBand®	< 180	$34^\circ \pm 1/2^\circ$	16.18 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	$12.70 (+3.80/-0)$
	> 180	$38^\circ \pm 1/2^\circ$	16.51 ± 0.13	14.73 ± 0.79	19.05 ± 0.60	$12.70 (+3.80/-0)$
C - PowerBand®	< 200	$34^\circ \pm 1/2^\circ$	22.33 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	$17.48 (+3.80/-0)$
	200 to 315	$36^\circ \pm 1/2^\circ$	22.53 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	$17.48 (+3.80/-0)$
D - PowerBand®	> 315	$38^\circ \pm 1/2^\circ$	22.73 ± 0.18	19.81 ± 0.79	25.40 ± 0.60	$17.48 (+3.80/-0)$
	< 355	$34^\circ \pm 1/2^\circ$	31.98 ± 0.18	26.67 ± 0.79	36.53 ± 0.60	$22.23 (+6.35/-0)$
	355 to 450	$36^\circ \pm 1/2^\circ$	32.28 ± 0.18	26.67 ± 0.79	36.53 ± 0.60	$22.23 (+6.35/-0)$
	> 450	$38^\circ \pm 1/2^\circ$	32.59 ± 0.18	26.67 ± 0.79	36.53 ± 0.60	$22.23 (+6.35/-0)$

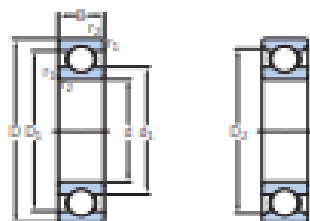
* Summation of the deviations from "e" for all grooves in any pulley shall not exceed ± 1.2 mm.

ANEXO 12

CATÁLOGO DE RODAMIENTOS DE LA EMPRESA SKF

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 12-15 mm

1.1



Dimensiones principales			Capacidad de carga estática		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	
d	D	B	C	C ₀	P ₀	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ²⁾
mm			kN	kN	kN	r.p.m.		kg		
12	21	5	1,74	0,905	0,039	–	20 000	0,0063	• 61801-2RS1	–
	21	5	1,74	0,905	0,039	70 000	36 000	0,0063	• 61801-2Z	–
	21	5	1,74	0,905	0,039	70 000	43 000	0,0063	• 61801	–
	24	6	2,91	1,46	0,062	–	19 000	0,011	• 61901-2RS1	–
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	32 000	0,011	• 61901-2Z	–
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	60 000	0,011	• 61901	–
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	38 000	0,021	• 6201	–
	28	8	5,4	2,36	0,1	–	17 000	0,022	• 6201-2RSH	6201-RSH
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,021	• 6201-2RS1	6201-RS1
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,022	• 6201-2Z	6201-Z
	28	12	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,029	• 63001-2RS1	–
	30	8	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,028	• 16101-2RS1	–
	30	8	5,07	2,36	0,1	56 000	28 000	0,028	• 16101-2Z	–
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,026	• 16101	–
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	• 6201	–
	32	10	7,28	3,1	0,132	–	15 000	0,038	• 6201-2RSH	6201-RSH
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,038	• 6201-2RS1	6201-RS1
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,039	• 6201-2Z	6201-Z
37	14	6,89	3,1	0,132	–	15 000	0,045	• 6201-2RS1	–	
37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,06	• 6301	–	
37	12	10,1	4,15	0,176	–	14 000	0,062	• 6301-2RSH	6301-RSH	
37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,06	• 6301-2RS1	6301-RS1	
37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,063	• 6301-2Z	6301-Z	
37	17	9,75	4,15	0,176	–	14 000	0,07	• 62301-2RS1	–	
15	24	5	1,9	1,1	0,048	–	17 000	0,0074	• 61802-2RS1	–
	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	30 000	0,0074	• 61802-2Z	–
	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	38 000	0,0065	• 61802	–
	28	7	4,36	2,26	0,095	–	16 000	0,016	• 61902-2RS1	–
	28	7	4,36	2,26	0,095	56 000	28 000	0,016	• 61902-2RZ	–
	28	7	4,36	2,26	0,095	56 000	28 000	0,016	• 61902-2Z	–
	28	7	4,36	2,26	0,095	56 000	34 000	0,016	• 61902	–
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,027	• 16002	–
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,025	• 16002-2Z	16002-Z
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	• 6002	–
	32	9	5,85	2,85	0,12	–	14 000	0,03	• 6002-2RSH	6002-RSH
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,03	• 6002-2RS1	6002-RS1

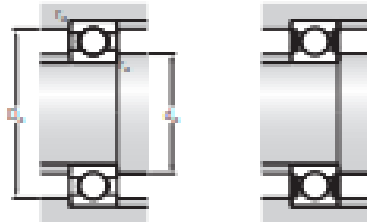
Rodamientos SKF Explorer

• Producto popular

¹⁾ Para los rodamientos con una solapa de protección o un sellado estándar (Z, RZ) corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

ANEXO 13

DIMENSIONES DEL CATÁLOGO DE RODAMIENTOS DE LA EMPRESA SKF

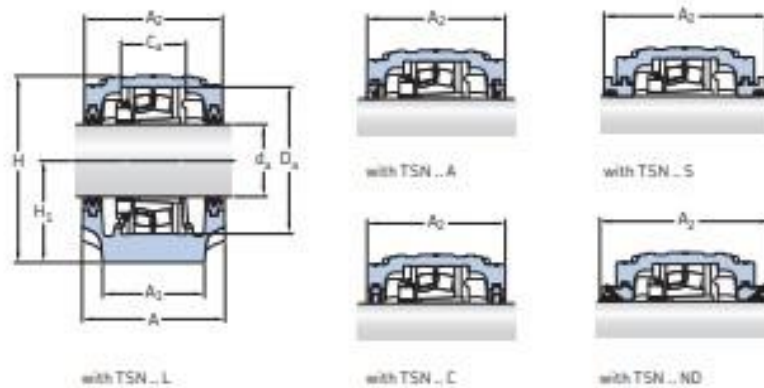


Dimensiones						Dimensiones de resacas y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	r _{1,2}	d ₃	d ₄	D ₃	r _{3,4}	k _i	f ₀
mm	"	"	"	"	mín.	mm	mín.	mín.	mín.	-	-
12	-	14,1	-	19	0,3	13,6	13,8	19	0,3	0,015	13
	14,8	-	-	19	0,3	14	14,7	19	0,3	0,015	13
	14,8	-	18,3	-	0,3	14	-	19	0,3	0,015	13
	-	15,3	-	21,4	0,3	14	15,2	22	0,3	0,02	15
	16	-	-	21,4	0,3	14	15,8	22	0,3	0,02	15
	16	-	20,3	-	0,3	14	-	22	0,3	0,02	15
	17	-	-	24,8	0,3	14	-	26	0,3	0,025	13
	-	14,7	-	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13
	-	14,7	-	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13
	17	-	-	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	17	-	-	24,8	0,3	14	16,9	26	0,3	0,025	13
	17	-	-	24,8	0,3	14,4	16,6	27,6	0,3	0,025	13
	17	-	-	24,8	0,3	14,4	16,6	27,6	0,3	0,025	13
	17	-	-	24,8	0,3	14,4	-	27,6	0,3	0,025	13
	18,6	-	-	27,6	0,6	16,2	-	27,8	0,6	0,025	12
	-	16,2	-	27,6	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12
	-	16,2	-	27,6	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12
	18,6	-	-	27,6	0,6	16,2	18,4	27,8	0,6	0,025	12
	18,5	-	-	27,6	0,6	16,2	18,4	27,8	0,6	0,025	12
	19,5	-	-	31,5	1	17,6	-	31,4	1	0,03	11
	-	17,5	-	31,5	1	17,6	17,8	31,4	1	0,03	11
	-	17,5	-	31,5	1	17,6	17,6	31,4	1	0,03	11
	19,5	-	-	31,5	1	17,6	19,4	31,4	1	0,03	11
	19,5	-	-	31,5	1	17,6	19,4	31,4	1	0,03	11
15	17,8	-	-	22,2	0,3	17	17,8	22	0,3	0,015	14
	17,8	-	-	22,2	0,3	17	17,8	22	0,3	0,015	14
	17,8	-	21,3	-	0,3	17	-	22	0,3	0,015	14
	18,8	-	-	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	18,8	-	-	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	18,8	-	-	25,3	0,3	17	18,3	26	0,3	0,02	14
	18,8	-	-	25,3	0,3	17	-	26	0,3	0,02	14
	20,5	-	-	28,2	0,3	17	-	30	0,3	0,02	14
	20,5	-	-	28,2	0,3	17	20,1	30	0,3	0,02	14
	20,5	-	-	28,2	0,3	17	-	30	0,3	0,025	14
	-	18,3	-	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14
	-	18,3	-	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14

ANEXO 14

CATÁLOGO DE CHUMACERAS DE LA EMPRESA SKF

2.1 SNL and SE plummer block housings for bearings on an adapter sleeve, metric shafts d_s 20 – 30 mm



Shaft diameter d _s	Housing	Appropriate parts Bearing ¹⁾	Adapter sleeve ²⁾	Locating ring ³⁾	Seals	End cover	Width incl. seals A ₂
mm	-	-	-	-	-	-	mm
20	SNL 505	1205 EKTN9	H 205	FRB 5/52	TSN 505 A	ASNH 505	67
		2205 EKTN9	H 305	FRB 3.5/52	TSN 505 C		67
		22205 EK	H 305	FRB 3.5/52	TSN 505 S		80
		C.2205 KTN9	H 305 E	FRB 3.5/52	TSN 505 ND		125
	SNL 506-605	1305 EKTN9	H 305	FRB 7.5/62	TSN 605 A	ASNH 506-605	77
					TSN 605 C		77
				TSN 605 S	89		
				TSN 605 ND	135		
25	SNL 506-605	1206 EKTN9	H 206	FRB 8/62	TSN 506 A	ASNH 506-605	77
		2206 EKTN9	H 306	FRB 6/62	TSN 506 C		77
		22206 EK	H 306	FRB 6/62	TSN 506 S		89
		C.2206 KTN9	H 306 E	FRB 6/62	TSN 506 ND		135
	SE 507-606	1306 EKTN9	H 306	FRB 7.5/72	TSN 606 A	ASNH 507-606	82
		2306 K	H 2306	FRB 3.5/72	TSN 606 C		82
21306 CCK		H 306	FRB 7.5/72	TSN 606 S	94		
				TSN 606 ND	140		
30	SE 507-606	1207 EKTN9	H 207	FRB 8.5/72	TSN 507 L	ASNH 507-606	82
		2207 EKTN9	H 307	FRB 5.5/72	TSN 507 A		82
		22207 EK	H 307	FRB 5.5/72	TSN 507 C		82
		C.2207 KTN9	H 307 E	FRB 5.5/72	TSN 507 S		94
					TSN 507 ND	145	
	SE 508-607	1307 EKTN9	H 307	FRB 9/80	TSN 607 L	ASNH 508-607	85
2307 EKTN9		H 2307	FRB 4/80	TSN 607 A	85		
21307 CCK		H 307	FRB 9/80	TSN 607 C	85		
				TSN 607 S	97		
				TSN 607 ND	145		

¹⁾ Only the basic bearing designation is listed. Other bearing variants can also fit the housing: 12[00], 22[00], 13[00] – self-aligning ball bearings, 222[00], 213[00], BS2... – spherical roller bearings, C... – CARB toroidal roller bearing

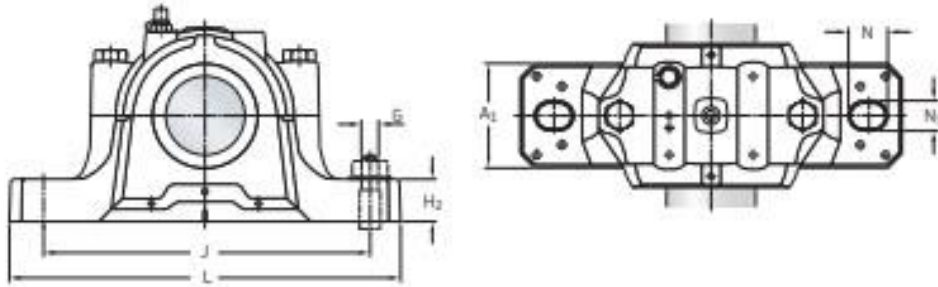
²⁾ The adapter sleeve fits the bearing in the same line only. Other adapter sleeve variants can also be used.

³⁾ The locating ring fits the bearing in the same line only. Two locating rings are required for each housing.

ANEXO 15

DIMENSIONES DEL CATÁLOGO DE CHUMACERAS DE LA EMPRESA SKF

2.1



Shaft diameter	Dimensions												Mass Housing
	A	A _c	C _c	D _s	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N _L	G	
mm	mm												kg
20	67	46	25	52	74	40	19	130	165	20	15	12	1,45
	77	52	32	62	89	50	22	150	185	20	15	12	2,00
25	77	52	32	62	89	50	22	150	185	20	15	12	2,00
	83	52	34	72	94	50	22	150	185	20	15	12	2,60
30	83	52	34	72	94	50	22	150	185	20	15	12	2,60
	85	60	39	80	108	60	25	170	205	20	15	12	3,40

ANEXO 16

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la máquina esta nivelada para un óptimo procedimiento de separación de granos de la vaina, ya que si se encuentra inclinada, pueden haber alteraciones.

Los residuos de los garbanzos (vainas) pueden ser utilizados como abono o alimento para algunos animales (herbívoros) y así no desaprovechar este residuo.

Diseñar una trituradora especial para moler los residuos del garbanzo y posteriormente aprovechar estos residuos.

Diseñar un mecanismo automatizado para la apertura y cierre de la válvula de la tolva para controlar el flujo del producto y que la máquina sea totalmente automática.

Programar un sistema de control de fácil uso para las personas y que solo estas tengan depositar y retirar el producto de la máquina.

Contar con una red de fuente eléctrica para poder alimentar a la máquina con el voltaje necesario para que esta funcione si tener altibajo y sobrecarga