

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**- Facultad Regional Paraná -**



**“REINGENIERÍA INTEGRAL DEL SECTOR DE  
MOLIENDA DE LA EMPRESA QUANTA RECICLAJE”**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA**

**Ingeniería Electromecánica**

**Autores**

**Rodrigo Ruiz**

**Lucas Santiago Sovrano**

**Supervisores**

**Ing. Gustavo Ruhl**

**Ing. Nicolás Maximino**

**- 2021 -**

## **AGRADECIMIENTOS**

---

---

Expresamos nuestro agradecimiento al personal de la empresa Quanta Reciclaje, principalmente a Norbeto Levy por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo nuestro proyecto final de carrera en su establecimiento. También, un especial reconocimiento a Yanina Abatidaga por su gran predisposición, colaboración y aportes para el desarrollo de este documento.

Por otra parte, manifestamos nuestro agradecimiento hacia los profesores de la cátedra Gustavo Ruhl y Nicolás Maximino por la orientación otorgada a lo largo del proyecto. También, un reconocimiento al apoyo brindado por Alejandro Jerichau en la revisión de una de las etapas fundamentales del documento.

Finalmente, agradecer a nuestras familias, amigos y compañeros de la universidad por el apoyo incondicional que siempre nos brindaron en el transcurso de nuestra carrera, especialmente a nuestros padres por el esfuerzo realizado a lo largo de todos estos años.

## RESUMEN

---

---

El presente proyecto se lleva a cabo con el fin de lograr una mejora integral en el sector de molienda de la empresa Quanta Reciclaje. Dicho sector desempeña la función de moler plástico post consumo, obteniendo material apto para un posterior proceso de inyección, con el motivo de elaborar diversos productos de plástico reciclado. Para alcanzar el objetivo propuesto se realiza, en primer lugar, un estudio previo identificando problemáticas y planteando distintas soluciones aplicables. Posteriormente, se efectúa un análisis de cada alternativa en particular hasta arribar a un conjunto de soluciones definitivas. Es necesario mencionar que en este desarrollo se prioriza fundamentalmente la viabilidad financiera, por lo que se resolvió reutilizar la mayor cantidad de máquinas, componentes y estructuras de la empresa, dentro de las posibilidades técnicas. Una vez determinado el alcance específico del proyecto en cuanto al mejoramiento del sector, se procede a ejecutar el desarrollo descriptivo y técnico, donde se detallan los cálculos y diseños de las máquinas que compondrán el nuevo proceso productivo definido. Algunos de estos equipos serán completamente fabricados y otros surgirán de modificaciones e intervenciones en máquinas y estructuras preexistentes dentro de la empresa. Luego se llevará a cabo la disposición más conveniente dentro del sector, con el desarrollo íntegro de la instalación eléctrica. Para finalizar, se detalla el cómputo y presupuesto de los materiales y mano de obra necesarios, el cronograma de tareas para la ejecución y un análisis económico y financiero de la viabilidad que presenta realizar el proyecto.

*Palabras claves:* proyecto, ingeniería, plástico, molienda, reciclaje

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>14</b>
<b>ANTEPROYECTO</b>	<b>18</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>19</b>
1.1 Presentación de la empresa	19
1.1.1 Historia	21
1.1.2 Organización	22
1.1.3 Ocupación	23
1.2 Área del proyecto	26
1.2.1 Descripción del área	26
1.2.2 Descripción del proceso	32
1.2.3 Materia prima	35
<b>2 Problemáticas</b>	<b>38</b>
<b>3 Objetivos</b>	<b>40</b>
3.1 Objetivos generales	40
3.2 Objetivos específicos	40
<b>4 Análisis de alternativas</b>	<b>43</b>
4.1 Sistema de alimentación del molino a martillos	43
4.2 Sistema de alimentación del molino a cuchillas	44
4.3 Sistema de lavado	45
4.4 Sistema de transporte para almacenamiento	46
4.4.1 Transporte para un único punto de descarga	46
4.4.2 Transporte para varios puntos de descarga	49
4.5 Sistema de almacenamiento del material	49
4.5.1 Almacenamiento para único punto de descarga	50
4.5.2 Almacenamiento para varios puntos de descarga	50
<b>5 Prefactibilidad</b>	<b>54</b>
5.1 Estudio técnico	54
5.1.1 Análisis: Sistema de alimentación del molino a martillos	54
5.1.2 Análisis: Sistema de alimentación del molino a cuchillas	56
5.1.3 Análisis: Sistema de lavado	58
5.1.4 Análisis: Sistema de transporte para almacenamiento	61
5.1.4.1 Transporte para único punto de descarga	61
5.1.4.2 Transporte para varios puntos de descarga	63
5.1.5 Análisis: Sistema de almacenamiento del material	65

5.2 Estudio financiero	72
5.2.1 Análisis: Sistema de alimentación del molino a martillos	73
5.2.2 Análisis: Sistema de alimentación del molino a cuchillas	74
5.2.3 Análisis: Sistema de lavado	75
5.2.4 Análisis: Sistema de transporte para almacenamiento	77
5.2.5 Análisis: Sistema de almacenamiento del material	78
<b>6 Resumen de alternativas seleccionadas</b>	<b>82</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>83</b>
<b>1 Memoria descriptiva</b>	<b>85</b>
1.1 Descripción del proceso proyectado	85
1.2 Descripción de máquinas intervinientes	89
1.2.1 Sierra circular de banco	89
1.2.2 Molino a martillos	92
1.2.3 Molino a cuchillas	96
1.2.4 Transportador de tornillo sin fin	99
1.3 Capacidad general del proceso	103
1.3.1 Capacidad del molino a martillos	103
1.3.2 Capacidad del molino a cuchillas	105
1.3.3 Análisis y definición de la capacidad general	106
<b>2 Memoria de cálculo y diseño</b>	<b>107</b>
2.1 Cinta transportadora I	107
2.1.1 Cálculo, selección y diseño técnico	108
2.1.2 Diseños estructurales	121
2.1.3 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos	127
2.2 Cinta transportadora II	130
2.2.1 Cálculo y diseño de la banda modular	131
2.2.2 Cálculo y diseño del sistema de aspersión	146
2.2.3 Diseños estructurales	155
2.2.4 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos	172
2.3 Tanque de lavado	180
2.3.1 Cálculo y diseño de las palas rotativas	180
2.3.2 Cálculo y diseño del transportador a cangilones	202
2.3.3 Diseños estructurales y funcionales	222
2.3.4 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos	235
2.4 Modificaciones de equipos	240
2.4.1 Modificaciones de la sierra circular de banco	240
2.4.2 Modificaciones del molino a martillos	252
2.4.3 Modificaciones del transportador de tornillo sin fin	255
<b>3 Layout</b>	<b>258</b>
3.1 Análisis del sector	258
3.2 Disposición definida	263
<b>4 Instalación eléctrica</b>	<b>270</b>
4.1 Cálculo y diseño de la iluminación	270

4.1.1 Cálculo de la iluminación de la zona de producción	271
4.1.2 Cálculo de la iluminación de la zona de almacenaje	276
4.2 Cálculo y diseño de conductores	279
4.2.1 Diagrama unifilar	282
4.2.2 Cálculo: Tablero principal - Tablero general (sector)	283
4.2.3 Cálculo: Tablero general - Sierra circular de banco	287
4.2.4 Cálculo: Tablero general - Cinta transportadora I	289
4.2.5 Cálculo: Tablero general - Molino a martillos	290
4.2.6 Cálculo: Tablero gral. - Cinta transportadora II (motor)	292
4.2.7 Cálculo: Tablero gral. - Cinta transportadora II (bomba)	294
4.2.8 Cálculo: Tablero general - Molino a cuchillas	295
4.2.9 Cálculo: Tablero gral. - Transportador de tornillo sin fin	297
4.2.10 Cálculo: Tablero gral. - Tanque lavado (palas rotativas)	298
4.2.11 Cálculo: Tablero gral. - Tanque de lavado (cangilones)	300
4.2.12 Cálculo: Tablero gral. - Bomba (pileta de tratamiento)	301
4.2.13 Cálculo: Tablero gral. - Iluminación (zona producción)	303
4.2.14 Cálculo: Tablero gral. - Iluminación (zona almacenaje)	304
4.3 Cálculo de cortocircuito	306
4.3.1 Cortocircuito en el tablero general del sector	310
4.3.2 Cortocircuito en bornes de los motores	312
4.3.3 Tiempo máximo admisible de cortocircuito	314
4.4 Selección: Protecciones y dispositivos de comando	316
4.4.1 Protección general	317
4.4.2 Protección de la sierra circular de banco	321
4.4.3 Protección y comando de la cinta transportadora I	323
4.4.4 Protección y comando del molino a martillos	326
4.4.5 Protección y comando de cinta transportadora II (motor)	333
4.4.6 Protección y comando de cinta transportadora II (bomba)	336
4.4.7 Protección y comando del molino a cuchillas	339
4.4.8 Protección y comando del transportador de tornillo sin fin	345
4.4.9 Protección y comando del tanque lavado (palas rotativas)	347
4.4.10 Protección y comando del tanque lavado (cangilones)	350
4.4.11 Protección y comando de la bomba (pileta tratamiento)	353
4.4.12 Protección del sistema de iluminación	356
4.4.13 Puesta a tierra	357
4.5 Compensación del factor de potencia	362
4.5.1 Análisis molino a martillos	369
4.5.2 Análisis molino a cuchillas	369
4.5.3 Análisis del sistema de compensación	370
4.5.4 Selección del sistema de compensación	380
4.6 Complementos del tablero general	383
4.6.1 Selección del gabinete	383
4.6.2 Selección de los elementos de comando y señalización	384
4.6.3 Selección del transformador del circuito de control	385
4.6.4 Selección de tomacorrientes	387

<b>5 Cómputo de materiales</b>	<b>389</b>
5.1 Cómputo: Sierra circular de banco	389
5.2 Cómputo: Cinta transportadora I	391
5.3 Cómputo: Cinta transportadora II	393
5.4 Cómputo: Tanque de lavado	396
5.4.1 Tanque de lavado: Palas rotativas	396
5.4.2 Tanque de lavado: Transportador a cangilones	398
5.5 Cómputo: Instalación eléctrica	401
<b>6 Presupuestos</b>	<b>407</b>
6.1 Presupuesto: Materiales estructurales	408
6.2 Presupuesto: Potencia y transmisión	411
6.3 Presupuesto: Conducción de agua	413
6.4 Presupuesto: Tornillos y tuercas	415
6.5 Presupuesto: Pintura	417
6.6 Presupuesto: Materiales varios	418
6.7 Presupuesto: Instalación eléctrica	420
6.7.1 Materiales de la instalación eléctrica	420
6.7.2 Mano de obra de la instalación eléctrica	425
6.7.3 Total instalación eléctrica	427
6.8 Presupuesto: Obra civil	427
6.9 Presupuesto: Mano de obra de máquinas	428
6.10 Presupuesto: Totales	429
6.10.1 Presupuesto por máquinas	430
6.10.2 Presupuesto total del proyecto	430
<b>7 Cronograma</b>	<b>432</b>
<b>8 Análisis económico y financiero</b>	<b>437</b>
8.1 Productividad del sector de molienda proyectado	438
8.2 Costo por aumento de la mano de obra	440
8.3 Costo por aumento del consumo eléctrico	442
8.4 Costo por mantenimiento	445
8.5 Beneficio por plástico molido comercializable	448
8.6 Beneficio por plástico molido para inyección	454
8.7 Beneficio por la prevención de accidentes	456
8.8 Flujo de caja	462
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>468</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>471</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>475</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos de contacto de Quanta Reciclaje	19
Figura 2. Ubicación de Quanta Reciclaje con respecto a la ciudad de Paraná	20
Figura 3. Ubicación de Quanta Reciclaje por imagen satelital	20
Figura 4. Vista de Quanta Reciclaje	21
Figura 5. Mobiliario urbano	24
Figura 6. Juegos infantiles	24
Figura 7. Elementos de gimnasia	25
Figura 8. Elementos de seguridad vial	26
Figura 9. Molino a martillos	27
Figura 10. Molino a cuchillas	28
Figura 11. Sierra circular de banco	28
Figura 12. Transportador de tornillo sin fin	29
Figura 13. Tanque de lavado	30
Figura 14. Pileta de decantación	30
Figura 15. Soporte para fraccionado en bolsas	31
Figura 16. Pileta de tratamiento de agua	32
Figura 17. Conjunto de maquinaria	34
Figura 18. Materia prima	36
Figura 19. Muestras de plástico molido	37
Figura 20. Estructura de cinta transportadora	44
Figura 21. Tanque disponible ubicado en el “sector de inyección”	46
Figura 22. Ejemplo de big bag y soporte	51
Figura 23. Ejemplo de silo disponible en Quanta	52
Figura 24. Vista en perspectiva de cinta transportadora	55
Figura 25. Medición de muestra con calibre	56
Figura 26. Esquema de modificaciones del tanque de lavado	58
Figura 27. Ejemplo de sistema de lavado con palas rotativas	59
Figura 28. Ejemplo de rodillo con palas transversales	60
Figura 29. Esquema de silos existentes en Quanta (cotas en [cm])	68
Figura 30. Proceso productivo proyectado (modelo realizado en “SolidWorks”)	86
Figura 31. Esquema general, vista superior (modelo realizado en “SolidWorks”)	86
Figura 32. Vista de la sierra circular de banco	90
Figura 33. Principales partes de la sierra (modelo realizado en “SolidWorks”)	90
Figura 34. Motor y transmisión	91
Figura 35. Mecanismo de regulación	91
Figura 36. Vista lateral y frontal del molino a martillos	93
Figura 37. Partes del molino a martillos (modelo realizado en “SolidWorks”)	93
Figura 38. Interior de la cámara de molienda del molino a martillos	94
Figura 39. Criba o tamiz del molino a martillos	95
Figura 40. Vista lateral y frontal del molino a cuchillas	96

Figura 41. Principales partes del molino (modelo realizado en "SolidWorks")	97
Figura 42. Interior de la cámara de molienda del molino a cuchillas	98
Figura 43. Criba o tamiz del molino a cuchillas	98
Figura 44. Vista lateral y superior del transportador de tornillo sin fin	100
Figura 45. Principales partes del transportador (modelo realiz en "SolidWorks")	100
Figura 46. Detalle del conjunto motriz en funcionamiento	101
Figura 47. Alimentación del molino a martillos	104
Figura 48. Alimentación del molino a cuchillas	105
Figura 49. Disposición de transporte deslizante inclinado	108
Figura 50. Información técnica de la banda transportadora ("Siegling Transilon")	110
Figura 51. Información técnica de los perfiles ("Siegling Transilon")	110
Figura 52. Coeficientes de fricción ("Siegling Transilon")	112
Figura 53. Factor $C_1$ ("Siegling Transilon")	113
Figura 54. Factor $C_3$ ("Siegling Transilon")	115
Figura 55. Características técnicas del motor ("WEG")	116
Figura 56. Piñón del tambor motriz	117
Figura 57. Características técnicas de la caja reductora ("STM")	118
Figura 58. Características perfil U ("Perfiles JMA")	121
Figura 59. Bordes de contención (modelo realizado en "SolidWorks")	122
Figura 60. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en "SolidWorks")	123
Figura 61. Vista en perspectiva del ensamble (modelo realizado en "SolidWorks")	124
Figura 62. Vista lateral y frontal del ensamble (modelo realizado en "SolidWorks")	125
Figura 63. Cubrecadena (modelo realizado en "SolidWorks")	125
Figura 64. Vista acotada del apoyo diseñado	126
Figura 65. Vista lateral del apoyo (modelo realizado en "SolidWorks")	127
Figura 66. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")	128
Figura 67. Vista lateral derecha (modelo realizado en "SolidWorks")	128
Figura 68. Vista frontal y posterior (modelos realizados en "SolidWorks")	129
Figura 69. Disposición de transporte deslizante inclinado	131
Figura 70. Información técnica de la banda transportadora	132
Figura 71. Información técnica de los perfiles	133
Figura 72. Información técnica de los piñones	133
Figura 73. Croquis de la disposición del transportador entre los molinos	135
Figura 74. Coeficientes de fricción ("Siegling Transilon")	137
Figura 75. Factor $C_{op}$ ("Siegling Transilon")	138
Figura 76. Conjunto de rodamiento seleccionado ("SKF")	144
Figura 77. Características técnicas del motor ("WEG")	145
Figura 78. Características técnicas de la caja reductora ("STM")	145
Figura 79. Boquilla de aspersion H-DT ("Spraying Systems")	146
Figura 80. Datos de boquilla de aspersion plana ("Spraying Systems")	147
Figura 81. Sistema de conducción de agua (modelo realizado en "SolidWorks")	148
Figura 82. Diagrama de Moody	151
Figura 83. Bomba ("Pluvius")	153
Figura 84. Curva de rendimiento de la bomba ("Pluvius")	153

Figura 85. Características técnicas de la bomba (“Pluvius”)	154
Figura 86. Filtro tipo T 122-PP (“Spraying Systems”)	155
Figura 87. Altura de la pista de deslizamiento con respecto al centro del piñón	156
Figura 88. Características perfil C (“Ternium Siderar”)	158
Figura 89. Disposición de los perfiles laterales (modelo realizado en “Solidworks”)	158
Figura 90. Vista en detalle de la unión (modelo realizado en “Solidworks”)	159
Figura 91. Vinculaciones estructurales (modelo realizado en “Solidworks”)	160
Figura 92. Pata niveladora roscada (“MDC Componentes Industriales”)	161
Figura 93. Inserto para caño cuadrado (“MDC Componentes Industriales”)	161
Figura 94. Soporte superior de rodamientos (modelo realizado en “Solidworks”)	162
Figura 95. Soporte inferior de rodamientos (modelo realizado en “Solidworks”)	163
Figura 96. Características perfil U (“Perfiles JMA”)	164
Figura 97. Tira de contención (modelo realizado en “Solidworks”)	165
Figura 98. Bandeja de escurrimiento (modelo realizado en “Solidworks”)	166
Figura 99. Soporte y conjunto motriz (modelo realizado en “Solidworks”)	167
Figura 100. Soporte del sistema de aspersion (modelo realizado en “Solidworks”)	167
Figura 101. Soporte de la bomba de aspersion (modelo realizado en “Solidworks”)	168
Figura 102. Rueda industrial giratoria con freno	169
Figura 103. Vista en perspectiva (modelo realizado en “Solidworks”)	170
Figura 104. Vista superior (modelo realizado en “Solidworks”)	171
Figura 105. Vista lateral (modelo realizado en “Solidworks”)	171
Figura 106. Escalones (modelo realizado en “Solidworks”)	172
Figura 107. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en “Solidworks”)	173
Figura 108. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en “Solidworks”)	174
Figura 109. Vista lateral (modelo realizado en “Solidworks”)	175
Figura 110. Vista en perspectiva del ensamble (modelo realizado en “Solidworks”)	176
Figura 111. Vista frontal del ensamble (modelo realizado en “Solidworks”)	177
Figura 112. Vista superior del ensamble (modelo realizado en “Solidworks”)	178
Figura 113. Medidas principales del tanque de lavado	180
Figura 114. Vista lateral de la pala rotativa ubicada en el tanque	181
Figura 115. Coeficiente de resistencia hidrodinámica	182
Figura 116. Diagrama de carga de la pala considerada simplemente apoyada	183
Figura 117. Sección de la pala	184
Figura 118. Fuerzas que actúan sobre el eje	186
Figura 119. Diagrama de carga del eje en el plano “XZ”	188
Figura 120. Diagrama de momento flector del eje en el plano “XZ”	189
Figura 121. Diagrama de carga del eje en el plano “YZ”	190
Figura 122. Diagrama de momento flector del eje en el plano “YZ”	191
Figura 123. Gráfica de coeficientes de acabado superficial	193
Figura 124. Coeficiente de confiabilidad	194
Figura 125. Disposición de las palas rotativas en el tanque de lavado	195
Figura 126. Conjunto de rodamiento seleccionado (“SKF”)	196
Figura 127. Características técnicas del motor (“WEG”)	198
Figura 128. Croquis de las palas rotativas y la transmisión	198

Figura 129. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)	199
Figura 130. Cangilón en perspectiva	203
Figura 131. Medición de muestra por medio de calibre	204
Figura 132. Cadena con aditamentos (“Tisa Transmisiones”)	205
Figura 133. Vista lateral del cangilón, área útil	207
Figura 134. Vista lateral del transportador a cangilones	211
Figura 135. Coeficiente corrector según condiciones de ambiente y engrase	212
Figura 136. Coeficiente corrector según tipo de carga y periodos de trabajo	213
Figura 137. Fuerzas que actúan sobre el eje	214
Figura 138. Diagrama de carga del eje en el plano “XZ”	214
Figura 139. Diagrama de momento flector del eje en el plano “XZ”	216
Figura 140. Gráfica de coeficientes de acabado superficial	218
Figura 141. Coeficiente de confiabilidad	219
Figura 142. Conjunto de rodamiento seleccionado (“SKF”)	220
Figura 143. Características técnicas del motor (“WEG”)	221
Figura 144. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)	222
Figura 145. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en “SolidWorks”)	223
Figura 146. Conjunto motriz y de transmisión (modelo realizado en “SolidWorks”)	224
Figura 147. Cubrecadena (modelo realizado en “SolidWorks”)	224
Figura 148. Soportes inferiores y superiores (modelo realizado en “SolidWorks”)	226
Figura 149. Cuerdas elásticas con ganchos	226
Figura 150. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en “SolidWorks”)	227
Figura 151. Vista de la estructura (modelo realizado en “SolidWorks”)	228
Figura 152. Flotante compacto de nivel (“Precons”)	229
Figura 153. Flotante ubicado en el tanque (modelo realizado en “SolidWorks”)	230
Figura 154. Cañería compensadora de nivel (modelo realizado en “SolidWorks”)	231
Figura 155. Rejilla de entrada (modelo realizado en “SolidWorks”)	231
Figura 156. Válvula esférica del tanque	232
Figura 157. Soporte de carga (modelo realizado en “SolidWorks”)	234
Figura 158. Disposición del soporte de carga (modelo realizado en “SolidWorks”)	235
Figura 159. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en “SolidWorks”)	236
Figura 160. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en “SolidWorks”)	236
Figura 161. Vista lateral (modelo realizado en “SolidWorks”)	237
Figura 162. Vista frontal (modelo realizado en “SolidWorks”)	237
Figura 163. Vista posterior (modelo realizado en “SolidWorks”)	238
Figura 164. Carcasa protectora (modelo realizado en “SolidWorks”)	242
Figura 165. Detalle del soporte de la carcasa (modelo realizado en “SolidWorks”)	242
Figura 166. Detalle del resorte de la carcasa (modelo realizado en “SolidWorks”)	243
Figura 167. Pedal (modelo realizado en “SolidWorks”)	244
Figura 168. Soporte inferior de cable Bowden (modelo realizado en “SolidWorks”)	245
Figura 169. Soporte superior de cable Bowden (modelo realizado en “SolidWorks”)	246
Figura 170. Riel y corredera tipo “T”	246
Figura 171. Carro empujador (modelo realizado en “SolidWorks”)	247
Figura 172. Guía escuadra (modelo realizado en “SolidWorks”)	248

Figura 173. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")	249
Figura 174. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")	250
Figura 175. Vista lateral, protector cerrado (modelo realizado en "SolidWorks")	251
Figura 176. Vista lateral, protector semiabierto (modelo realizado en "SolidWorks")	251
Figura 177. Vista lateral, protector abierto (modelo realizado en "SolidWorks")	252
Figura 178. Vista en perspectiva y lateral de la boca de entrada del molino	253
Figura 179. Vistas del corte en la boca (modelo realizado en "SolidWorks")	254
Figura 180. Rampa de salida del molino a martillos	254
Figura 181. Rampa de salida diseñada (modelo realizado en "SolidWorks")	255
Figura 182. Modificación al transportador (modelo realizado en "SolidWorks")	257
Figura 183. Vista en perspectiva del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	259
Figura 184. Vista superior del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	259
Figura 185. Croquis del sector con cotas (modelo realizado en "SolidWorks")	260
Figura 186. Sector con el nuevo cerramiento (modelo realizado en "SolidWorks")	263
Figura 187. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "SolidWorks")	264
Figura 188. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "SolidWorks")	265
Figura 189. Vista superior (modelo realizado en "SolidWorks")	265
Figura 190. Vista frontal (modelo realizado en "SolidWorks")	266
Figura 191. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "SolidWorks")	266
Figura 192. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "SolidWorks")	267
Figura 193. Vista superior (modelo realizado en "SolidWorks")	267
Figura 194. Vista en perspectiva del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	268
Figura 195. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	268
Figura 196. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	269
Figura 197. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")	269
Figura 198. Coeficientes de utilización ("Philips")	274
Figura 199. Coeficientes de utilización ("Philips")	278
Figura 200. Plano del sector con referencia de máquinas y tablero general	281
Figura 201. Diagrama unifilar	283
Figura 202. Croquis de posibles recorridos del conductor	284
Figura 203. Características eléctricas cables de cobre ("IMSA")	285
Figura 204. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	286
Figura 205. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	286
Figura 206. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	288
Figura 207. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	288
Figura 208. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	289
Figura 209. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	290
Figura 210. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	291
Figura 211. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	291
Figura 212. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	293
Figura 213. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	293
Figura 214. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	294
Figura 215. Características eléctricas del conductor ("IMSA")	294
Figura 216. Características dimensionales del conductor ("IMSA")	296

Figura 217. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	296
Figura 218. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	297
Figura 219. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	297
Figura 220. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	299
Figura 221. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	299
Figura 222. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	300
Figura 223. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	300
Figura 224. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	302
Figura 225. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	302
Figura 226. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	303
Figura 227. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	303
Figura 228. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)	305
Figura 229. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)	305
Figura 230. Seccionador bajo carga tripolar de 100 [A] (“WEG”)	318
Figura 231. Fusible NH000 de 100 [A] (“WEG”)	318
Figura 232. Curva de disparo del fusible NH000 (“WEG”)	319
Figura 233. Interruptor diferencial tetrapolar de 63 [A] (“WEG”)	320
Figura 234. Interruptor diferencial tetrapolar de 25 [A] (“WEG”)	321
Figura 235. Interruptor termomagnético tripolar de 10 [A] (“WEG”)	322
Figura 236. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	323
Figura 237. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)	324
Figura 238. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	325
Figura 239. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	326
Figura 240. Datos del motor del molino a martillos	327
Figura 241. Componentes del arranque estrella-triángulo (“WEG”)	327
Figura 242. Esquema de conexión del arranque estrella-triángulo (“WEG”)	328
Figura 243. Guardamotor tripolar de 40-50 [A] (“WEG”)	329
Figura 244. Curva de disparo del guardamotor (“WEG”)	330
Figura 245. Contactor tripolar de 25 [A] (“WEG”)	331
Figura 246. Contactor tripolar de 18 [A] (“WEG”)	331
Figura 247. Relé de sobrecarga tripolar de 22-32 [A] (“WEG”)	332
Figura 248. Relé temporizador de 3-30 [s] (“WEG”)	333
Figura 249. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)	334
Figura 250. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	335
Figura 251. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	336
Figura 252. Interruptor termomagnético bipolar de 4 [A] (“WEG”)	337
Figura 253. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	338
Figura 254. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	339
Figura 255. Datos del motor del molino a cuchillas	339
Figura 256. Componentes del arranque estrella-triángulo (“WEG”)	340
Figura 257. Esquema de conexión del arranque estrella-triángulo (“WEG”)	340
Figura 258. Guardamotor tripolar de 16-20 [A] (“WEG”)	341
Figura 259. Curva de disparo del guardamotor (“WEG”)	342
Figura 260. Contactor tripolar de 12 [A] (“WEG”)	343

Figura 261. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	343
Figura 262. Relé de sobrecarga tripolar de 8-12,5 [A] (“WEG”)	344
Figura 263. Relé temporizador tripolar de 3-30 [s] (“WEG”)	344
Figura 264. Interruptor termomagnético tripolar de 4 [A] (“WEG”)	345
Figura 265. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	346
Figura 266. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	347
Figura 267. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)	348
Figura 268. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	349
Figura 269. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	350
Figura 270. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)	351
Figura 271. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	352
Figura 272. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	353
Figura 273. Interruptor termomagnético bipolar de 4 [A] (“WEG”)	354
Figura 274. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)	355
Figura 275. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)	356
Figura 276. Interruptor termomagnético tetrapolar de 6 [A] (“WEG”)	357
Figura 277. Interruptor termomagnético bipolar de 2 [A] (“WEG”)	357
Figura 278. Sección nominal mínima de los conductores de puesta a tierra	358
Figura 279. Resistividad de terreno según tipo de suelo y condiciones climáticas	361
Figura 280. Esquema de la puesta a tierra	362
Figura 281. Triángulo de potencias	363
Figura 282. Porcentaje de aumento de los cargos por bajo factor de potencia	363
Figura 283. Motor “WEG” equivalente al motor del molino a martillos	366
Figura 284. Factor de potencia del motor según el porcentaje de carga (“WEG”)	366
Figura 285. Motor “WEG” equivalente al motor del molino a cuchillas	366
Figura 286. Factor de potencia del motor según el porcentaje de carga (“WEG”)	367
Figura 287. Capacitor de 5 [kVAr] (“WEG”)	381
Figura 288. Capacitor de 10 [kVAr] (“WEG”)	381
Figura 289. Contactor tripolar de para capacitor de 10 [kVAr] (“WEG”)	382
Figura 290. Gabinete metálico estanco (“Genrod”)	383
Figura 291. Mando selector de dos posiciones (“WEG”)	384
Figura 292. Lámparas piloto (“WEG”)	385
Figura 293. Boton hongo con traba para parada de emergencia (“WEG”)	385
Figura 294. Tomacorriente monofásico (1P+N+T)	387
Figura 295. Tomacorriente trifásico (3P+N)	388
Figura 296. Diagrama de Gantt parcial	435
Figura 297. Empresas que fabrican productos con plástico reciclado (“Ecoplas”)	454
Figura 298. Disco de corte de la sierra circular de banco sin protección	456
Figura 299. Operaciones inseguras en la alimentación del molino a martillos	457
Figura 300. Esfuerzo físico y operaciones inseguras en el molino a cuchillas	458
Figura 301. Conexiones inseguras en tablero eléctrico del sector de molienda	459
Figura 302. Tasas vigentes de plazos fijos (“Banco de la Nación Argentina”)	464
Figura 303. Gráfica de la evolución del flujo de caja mensual del proyecto	467

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la demanda de polímeros	64
Tabla 2. Material en stock al mes de enero 2021	66
Tabla 3. Material en stock al mes de febrero 2021	66
Tabla 4. Material en stock al mes de marzo 2021	67
Tabla 5. Costo del sistema de alimentación del molino a martillos	73
Tabla 6. Costo del sistema de alimentación del molino a cuchillas	75
Tabla 7. Costo del sistema de lavado	76
Tabla 8. Costo de transportador a tornillo sin fin	78
Tabla 9. Costo de transportador a cangilones	78
Tabla 10. Comparación entre big bag y bolsas	79
Tabla 11. Comparación de transportes y costos	80
Tabla 12. Resumen de alternativas seleccionadas	82
Tabla 13. Datos técnicos de la sierra circular de banco	92
Tabla 14. Datos técnicos del molino a martillos	95
Tabla 15. Datos técnicos del molino a cuchillas	99
Tabla 16. Datos técnicos del transportador de tornillo sin fin	102
Tabla 17. Datos técnicos de la cinta transportadora I	129
Tabla 18. Componentes y longitud de pérdidas	152
Tabla 19. Datos técnicos de la cinta transportadora II	179
Tabla 20. Datos técnicos del tanque de lavado	238
Tabla 21. Datos eléctricos de los equipos del sector de molienda	281
Tabla 22. Datos de la red	307
Tabla 23. Datos del transformador de distribución considerado	308
Tabla 24. Resumen de los datos relevante de los conductores	308
Tabla 25. Corrientes de cortocircuito en bornes de los motores trifásicos	313
Tabla 26. Corrientes de cortocircuito en bornes de los motores monofásicos	314
Tabla 27. Tiempo máximo admisible de cortocircuito en bornes de los motores	316
Tabla 28. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	318
Tabla 29. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	322
Tabla 30. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	324
Tabla 31. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	329
Tabla 32. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	334
Tabla 33. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	337
Tabla 34. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	342
Tabla 35. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	346
Tabla 36. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	348
Tabla 37. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	351
Tabla 38. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo	354
Tabla 39. Sección de los conductores de línea y de protección	359
Tabla 40. Potencia activa y reactiva de los equipos del sector de molienda	367
Tabla 41. Potencia activa y reactiva para la situación 1 (molinos a 50% de carga)	372

Tabla 42. Valores totales sin y con compensación (molinos a 50% de carga)	373
Tabla 43. Potencia activa y reactiva para la situación 2 (molinos a 100% de carga)	374
Tabla 44. Valores totales sin y con compensación (molinos a 100% de carga)	374
Tabla 45. Potencia activa y reactiva para la situación 3 (molinos a 50% de carga)	375
Tabla 46. Valores totales sin y con compensación (molinos a 50% de carga)	376
Tabla 47. Potencia activa y reactiva para la situación 4 (molinos a 100% de carga)	376
Tabla 48. Valores totales sin y con compensación (molinos a 100% de carga)	377
Tabla 49. Potencia activa y reactiva para la situación 5 (molino a cuchillas al 50%)	378
Tabla 50. Valores totales sin y con compensación (molino a cuchillas al 50%)	378
Tabla 51. Potencia activa y reactiva para la situación 6 (molino a cuchillas al 100%)	379
Tabla 52. Valores totales sin y con compensación (molino a cuchillas al 100%)	379
Tabla 53. Potencias de mantenimiento y llamada de los contactores	386
Tabla 54. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (estructura)	389
Tabla 55. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (tornillos y tuercas)	390
Tabla 56. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (otros)	391
Tabla 57. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (estructura)	391
Tabla 58. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (potencia y transm.)	392
Tabla 59. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (tornillos y tuercas)	392
Tabla 60. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (pintura)	392
Tabla 61. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (otros)	393
Tabla 62. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (estructura)	393
Tabla 63. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (potencia y transm.)	394
Tabla 64. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (sist. de aspersión)	394
Tabla 65. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (tornillos y tuercas)	395
Tabla 66. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (pintura)	396
Tabla 67. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (otros)	396
Tabla 68. Cómputo de materiales de las palas rotativas (estructura)	397
Tabla 69. Cómputo de materiales de las palas rotativas (potencia y transm.)	397
Tabla 70. Cómputo de materiales de las palas rotativas (nivel de agua)	398
Tabla 71. Cómputo de materiales de las palas rotativas (tornillos y tuercas)	398
Tabla 72. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (estructura)	399
Tabla 73. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (potencia y transm.)	399
Tabla 74. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (tornillos y tuercas)	400
Tabla 75. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (pintura)	400
Tabla 76. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (otros)	400
Tabla 77. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (iluminación)	401
Tabla 78. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (conductores)	401
Tabla 79. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (puesta a tierra)	402
Tabla 80. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (protecciones)	402
Tabla 81. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (comando)	404
Tabla 82. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (compensación del FP)	404
Tabla 83. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (tablero y accesorios)	405
Tabla 84. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (bandejas portacables)	406
Tabla 85. Presupuesto materiales estructurales (chapas)	408

Tabla 86. Presupuesto materiales estructurales (barras y varillas)	409
Tabla 87. Presupuesto materiales estructurales (perfiles)	410
Tabla 88. Presupuesto materiales estructurales (otros)	411
Tabla 89. Presupuesto materiales estructurales (total)	411
Tabla 90. Presupuesto potencia y transmisión	412
Tabla 91. Presupuesto conducción de agua (cinta transportadora II)	413
Tabla 92. Presupuesto conducción de agua (tanque de lavado)	414
Tabla 93. Presupuesto conducción de agua (total)	415
Tabla 94. Presupuesto tornillos	415
Tabla 95. Presupuesto tuercas	417
Tabla 96. Presupuesto tornillos y tuercas (total)	417
Tabla 97. Presupuesto pintura	418
Tabla 98. Presupuesto varios (bandas de transporte)	419
Tabla 99. Presupuesto varios (piñón para banda modular)	419
Tabla 100. Presupuesto varios (sierra circular de banco)	419
Tabla 101. Presupuesto varios (cinta transportadora II)	420
Tabla 102. Presupuesto de la instalación eléctrica (iluminación)	421
Tabla 103. Presupuesto de la instalación eléctrica (conductores)	421
Tabla 104. Presupuesto de la instalación eléctrica (puesta a tierra)	422
Tabla 105. Presupuesto de la instalación eléctrica (protecciones)	422
Tabla 106. Presupuesto de la instalación eléctrica (comando)	423
Tabla 107. Presupuesto de la instalación eléctrica (compensación del FP)	423
Tabla 108. Presupuesto de la instalación eléctrica (tablero y accesorios)	424
Tabla 109. Presupuesto de la instalación eléctrica (bandejas portacables)	425
Tabla 110. Presupuesto de la instalación eléctrica (mano de obra)	426
Tabla 111. Presupuesto instalación eléctrica (total)	427
Tabla 112. Presupuesto de la obra civil	428
Tabla 113. Presupuesto de la mano de obra de máquinas	429
Tabla 114. Presupuesto de cada máquina construida y/o modificada	430
Tabla 155. Presupuestos varios	431
Tabla 156. Presupuesto total del proyecto	431
Tabla 157. Listado de tareas del cronograma	432
Tabla 158. Producción estimada del sector de molienda	439
Tabla 159. Costo por el trabajo actual anual en el sector de molienda	441
Tabla 160. Costo por el trabajo proyectado anual en el sector de molienda	442
Tabla 161. Costo por el aumento de la mano de obra	442
Tabla 162. Costo por el consumo eléctrico actual	443
Tabla 163. Potencia eléctrica demandada proyectada según el producto a moler	444
Tabla 164. Porcentajes de utilización de la línea según el tipo de polímero	444
Tabla 165. Costo por el consumo eléctrico proyectado	445
Tabla 166. Costo por el aumento del consumo eléctrico	445
Tabla 167. Costo por el mantenimiento de cadenas	446
Tabla 168. Costo por el mantenimiento de cuchillas	446
Tabla 169. Costo por la mano de obra de mantenimiento	447

Tabla 170. Costo por mantenimiento	447
Tabla 171. Costos de la producción mensual	450
Tabla 172. Costos de producción por kilogramo de molido	450
Tabla 173. Costos de comercialización	451
Tabla 174. Costos de comercialización por kilogramo de molido	451
Tabla 175. Costos totales por kilogramo de molido	451
Tabla 176. Precio de venta y ganancia estimada	452
Tabla 177. Beneficio por plástico molido comercializable	452
Tabla 178. Costo de producción actual de Polipropileno molido	455
Tabla 179. Beneficio por plástico molido para inyección	455
Tabla 180. Clasificación de los riesgos	460
Tabla 181. Costos directos e indirectos estimados	462
Tabla 182. Flujo de caja anual del proyecto	465
Tabla 183. Indicadores económicos del proyecto	465

## **ANTEPROYECTO**

---

---

El presente proyecto final de carrera cuenta con dos etapas fundamentales. La primera de ellas se denomina “anteproyecto”.

El anteproyecto es, en resumen, una propuesta anterior al proyecto donde se presentan y analizan preliminarmente los temas considerados fundamentales, que se pretenden desarrollar posteriormente en el proyecto propiamente dicho.

La finalidad del anteproyecto es organizar ideas y delimitar los objetivos principales. Por lo tanto, al ser una versión previa y no definitiva del proyecto, es flexible y puede sufrir modificaciones en caso de que se considere necesario, en la etapa posterior.

En primer lugar, se desarrolla una introducción con el fin de presentar debidamente el contexto en el cual se llevará a cabo el proyecto, brindando conceptos básicos considerados relevantes. Luego de esto se tratarán los principales aspectos del anteproyecto, exponiendo las problemáticas identificadas, definiendo los objetivos generales y específicos, proponiendo y analizando distintas alternativas y llevando a cabo un estudio de prefactibilidad para poder definir el proyecto más adecuado a las necesidades existentes.

A continuación, a modo orientativo, se exponen los capítulos con los que cuenta el anteproyecto:

- 1 Introducción
- 2 Problemáticas
- 3 Objetivos
- 4 Análisis de alternativas
- 5 Prefactibilidad
- 6 Resumen de alternativas seleccionadas

# 1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una presentación de la empresa seleccionada para el desarrollo del proyecto final de carrera, haciendo énfasis en el sector de incumbencia.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 1.1 Presentación de la empresa
- 1.2 Área del proyecto

## 1.1 Presentación de la empresa

El presente proyecto final de carrera se desarrolla en la empresa Quanta Reciclaje, ubicada en calle Antonio Salellas y Roque Saenz, del Parque Industrial “General Manuel Belgrano” de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos. La misma se dedica al reciclado de plástico post consumo para la elaboración de diversos productos.



*Figura 1. Datos de contacto de Quanta Reciclaje*



Figura 2. Ubicación de Quanta Reciclaje con respecto a la ciudad de Paraná

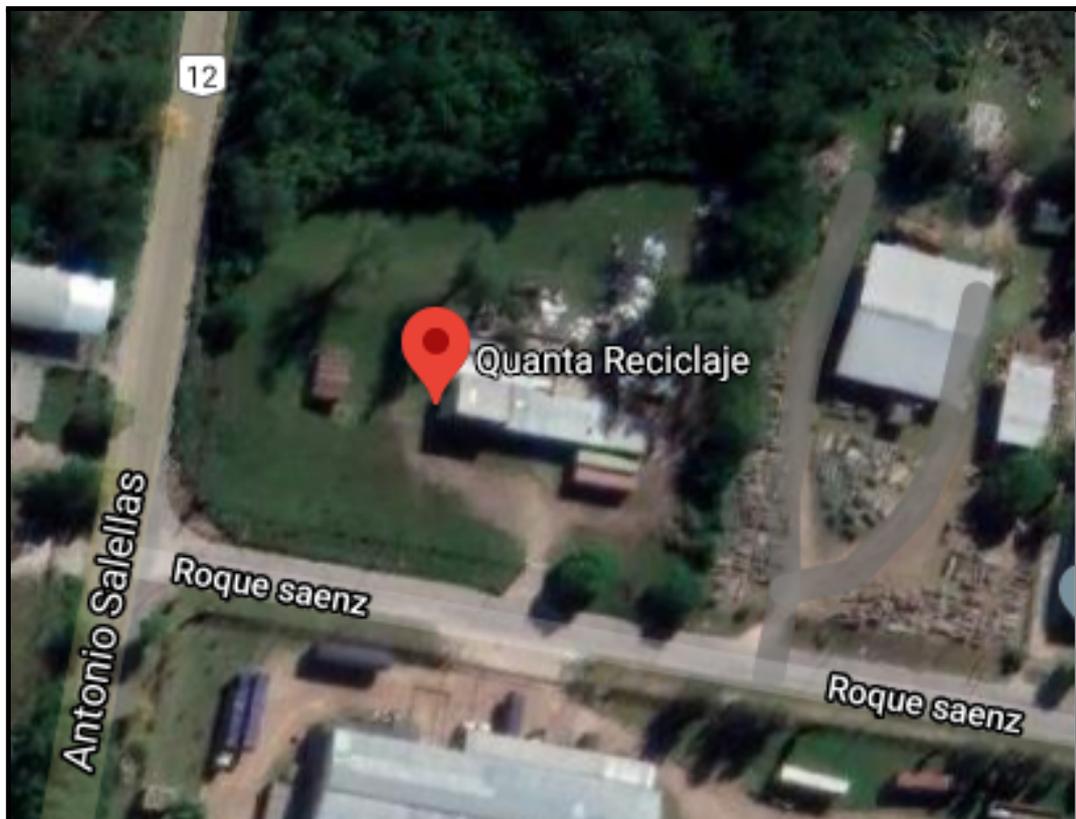


Figura 3. Ubicación de Quanta Reciclaje por imagen satelital



*Figura 4. Vista de Quanta Reciclaje*

### **1.1.1 Historia**

La empresa Quanta tiene sus orígenes en el año 1983, siendo una industria de transformación de plásticos por inyección, dedicada a ser proveedora de la industria de electrodomésticos, automotriz y de bicicletas.

Desde el año 1989, y a partir de una decisión estratégica, comenzó a fabricar productos con plásticos post consumo o reciclados, abandonando desde entonces la compra de materia prima virgen, para comenzar a proveerse de material a través de acopiadores de plástico.

En 1996 inició la producción de bienes útiles para la sociedad como son bancos y papeleros, a los que luego se adicionaron juegos infantiles y otros en una importante variedad de modelos.

Desde los inicios se percibió el valor de dichos bienes como herramientas para generar conciencia en aspectos relacionados a valores sociales y el cuidado del medio ambiente, en empresas, gobiernos y comunidades en general, y se comenzó a participar con distintos actores socialmente responsables de la provincia de Entre Ríos. Con todos ellos

sostuvieron, hasta la crisis del 2001, convenios de colaboración de sus programas de separación de residuos, entregando mobiliario de plástico reciclado para mantener dichos programas como paradigma “del Bien Hacer”.

En el año 2000 se colaboró con la ciudad de Paraná en el diseño y ejecución del programa “Paraná Punto Limpio”, que siguió hasta el año 2003, con importante éxito en la creación de conciencia en la ciudadanía.

Desde aquellas experiencias tan importantes hasta la fecha, Quanta ha trabajado en red, utilizando siempre el mobiliario de plástico obtenido mediante el esfuerzo común como movilizador y transformador de voluntades, creando para facilitar ese trabajo una fundación de nombre “Quanta el Bien Hacer” que vehiculiza esos quehaceres.

### **1.1.2 Organización**

Actualmente, Quanta es una PyME (Pequeñas y Medianas Empresas) y está constituida por cinco empleados en piso de planta, cada uno altamente capacitado en su tarea, con posibilidades de rotar entre los puestos de trabajo en caso de ser necesario. Además cuenta con personal para tareas administrativas, producción, marketing, ventas y diseño de productos.

La empresa está sectorizada en diferentes áreas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Oficina.
- Comedor.
- Vestuario.
- Materia prima.
- Depósitos de productos semielaborados.
- Depósitos de productos terminados.
- Molienda.

- Metal.
- Inyección.
- Ensamble.

### 1.1.3 Ocupación

Quanta produce mobiliario urbano, juegos infantiles, elementos de gimnasia, mobiliario escolar, elementos de seguridad vial, entre otros, transformando así plásticos reciclados en productos útiles para la sociedad.

La entidad cuenta con gran variedad de producción, más de 50 productos finales, y es de destacar la alta personalización (productos diseñados acorde a las necesidades de los clientes) con la que cuenta la empresa, como ser en medidas, colores (marrón, gris, negro, amarillo, blanco, rojo, verde y celeste), modelos y diseños de los diferentes productos para satisfacer las necesidades de los clientes.

La producción está dirigida tanto al ámbito público como al privado, como lo pueden ser provincias, municipios, comunas, organizaciones de la sociedad civil y organizaciones con fines de lucro.

A continuación se mencionan los principales productos finales por catálogo que se disponen:

#### Mobiliario urbano:

- Banco con respaldo y sin respaldo.
- Banco infantil.
- Banco escolar.
- Mesa de camping.
- Pérgola.
- Papelero.
- Estacionamiento de bicicletas.



Figura 5. Mobiliario urbano

Juegos infantiles:

- Sube y baja.
- Calesita.
- Hamaca.
- Tobogán.
- Juego vaivén.
- Juego con resorte.
- Escalera curva.



Figura 6. Juegos infantiles

Elementos de gimnasia:

- Estación saludable.
- Escalón.
- Bicicleta para tren inferior y tren superior.
- Volante frontal y en ángulo.
- Balanza de hombros.
- Carril semicircular y vertical.
- Elongación.
- Cama espinales y abdominales.



*Figura 7. Elementos de gimnasia*

Elementos de seguridad vial:

- Reductor de velocidad.
- Tope de estacionamiento.
- Separador de ciclovía.
- Mojón kilométrico.
- Poste señalética de media altura.



Figura 8. Elementos de seguridad vial

## 1.2 Área del proyecto

Luego de dialogar con el personal jerárquico y operativo, realizamos una reunión en la que se nos presentó una necesidad preexistente de la empresa, dentro del sector de molienda de la misma. Por lo cual el presente proyecto se desarrollará en dicha área.

### 1.2.1 Descripción del área

Actualmente el sector realiza sus actividades utilizando dos máquinas de molienda, las cuales procesan el material de distinta forma. Además, cuenta con otros equipos que complementan el proceso.

Todos los elementos se encuentran ubicados en el exterior del edificio de la empresa, en un área denominada como “sector de molienda”, que cuenta con una superficie pavimentada de 130 [m<sup>2</sup>], cubierta en parte por tela media sombra.

A continuación se realiza una breve descripción de los principales componentes del sector en cuestión:

- Molino a martillos: El material es desgarrado por el impacto generado por los martillos oscilantes y contra los revestimientos del molino, es alimentado manualmente y se utiliza para una trituración intermedia de material de mayor tamaño (Ej: baldes). El molino cuenta con un motor eléctrico de 30 [HP] y una transmisión por correas. Se inyecta agua directamente para la refrigeración del sistema.



*Figura 9. Molino a martillos*

- Molino a cuchillas: La molienda se genera debido a los esfuerzos de corte generados por cuchillas rotantes. Se utiliza para material de menor tamaño y de esta manera lograr una molienda final, con las dimensiones justas para el proceso de inyección. El material de alimentación puede provenir del molino a martillos o también puede procesarse directamente material de menor tamaño (Ej: tapas de botellas). En ambos casos el suministro es manual y realizado por los operarios. El molino cuenta con un motor eléctrico de 12,5 [HP] y una transmisión por correas. El plástico ingresa al molino junto con agua que permite disminuir la temperatura alcanzada por las cuchillas.



*Figura 10. Molino a cuchillas*

- Sierra circular de banco: Utilizada para recortar y disminuir el tamaño del material que lo requiera para poder ingresar al molino a martillos (Ej: jaulas de pollo). La sierra está conformada por un disco de 350 [mm] de diámetro, impulsada por un motor de 4 [HP] a través de una transmisión por correas.



*Figura 11. Sierra circular de banco*

- Transportador de tornillo sin fin: Utilizado para transportar el plástico molido proveniente del molino a cuchillas hacia el tanque de lavado. Posee una longitud de 2,7 [m] y un motor de 1 [HP] de potencia, solidario con el eje de un reductor de velocidad, de relación 10:1, que transmite el movimiento al tornillo sin fin por medio de una cadena.



*Figura 12. Transportador de tornillo sin fin*

- Tanque de lavado: Recipiente cilíndrico de metal que cuenta con un sistema removedor, él mismo utiliza palas de madera, ubicadas de manera descentrada (con respecto al eje cilíndrico), que son impulsadas por un motor eléctrico asociado a una caja reductora. Su función es limpiar el plástico molido para su posterior secado y utilización en el área de inyección.



*Figura 13. Tanque de lavado*

- Pileta de decantación: Utilizada en el proceso de molienda de plástico de tamaño reducido, para lograr una primera separación de materiales metálicos, suciedad y otros tipos de plásticos. La misma cuenta con un volumen de 343 [l].



*Figura 14. Pileta de decantación*

- Soporte para fraccionado en bolsas: Como su nombre lo indica, es utilizado para rellenar las bolsas con el material molido, las mismas se sujetan en la parte inferior del cono y se apoyan en una base que es de altura regulable.



*Figura 15. Soporte para fraccionado en bolsas*

- Pileta de tratamiento de agua: El agua utilizada en el proceso, para refrigerar y lavar el plástico molido, es transportada por un sistema de canaletas hacia una pequeña pileta de tratamiento. La misma funciona por el principio de decantación en tres etapas de filtrado por medio de tamices. El agua no requiere tratamiento químico debido a que en el proceso sólo se recicla plástico que no posee residuos peligrosos, esto se analiza a la hora de recibir la materia prima. El volumen de la pileta es de 10 [m<sup>3</sup>].



*Figura 16. Pileta de tratamiento de agua*

### **1.2.2 Descripción del proceso**

El material utilizado en el área de inyección debe presentarse en forma de gránulos o molidos para poder ser moldeados en las inyectoras. Los gránulos deben ser de forma pequeña e irregular. Para ello se procede a la molienda de plásticos post consumo, lo que produce una amplia distribución de partículas de diferentes medidas.

Las etapas del proceso de molienda dependen del tamaño de la materia prima que se trabaje. Si se requiere reciclar material de gran tamaño se realizan los siguientes once pasos:

- 1) Recorte de la materia prima en la sierra circular de banco para disminuir su tamaño.
- 2) Transporte y elevación manual del material para alimentar el molino a martillos (se dispone de un andamio para alimentación en altura).

- 3) Trituración del material en el molino a martillos para generar partes de un tamaño medio.
- 4) Recolección del material desde el suelo y transporte manual hacia la pileta de decantación.
- 5) Extracción manual del material de la pileta por medio de coladores y alimentación del molino a cuchillas (se dispone de escalones para alimentación en altura).
- 6) Molienda en el molino a cuchillas, obteniendo partes de plástico más pequeñas.
- 7) Transporte del material al tanque de lavado a través del tornillo sin fin.
- 8) Limpieza final del material en el tanque de lavado.
- 9) Utilización de coladores para retirar el plástico del tanque.
- 10) Fraccionado manual del material en bolsas de aproximadamente 18 [kg].
- 11) Transporte y estibado manual en el área de almacenamiento del sector para drenar el agua que poseen las bolsas.

Si se requiere reciclar material de un tamaño apto para ingresar al molino a martillos de manera directa, se omite la utilización de la sierra circular de banco (Paso 1).

En caso de reciclar material de poco tamaño, que no requiera la primera trituración (Ej: tapas de botellas), el proceso inicia con una primera separación de hierros u otros componentes metálicos en la pileta de decantación. Posteriormente se alimenta el molino a cuchillas (Paso 5), y luego se respeta la secuencia descrita sin modificaciones.



*Figura 17. Conjunto de maquinaria*

En varias de las etapas se utiliza agua, que luego es transportada por un sistema de canaletas a la pileta de tratamiento, como ya se mencionó en el apartado anterior (Sección 1.2.1).

Es importante remarcar que los gránulos o molidos obtenidos deben tener un contenido de humedad en equilibrio. La experiencia en la empresa demuestra que cuando el contenido de humedad del polímero es excesivo, las piezas moldeadas pueden presentar defectos superficiales tales como manchas o similares. Por lo tanto, esta materia prima debe ser pre secada antes de ser moldeada.

El pre secado adiciona al material el beneficio del precalentamiento y reduce así los requerimientos de temperatura de las bandas calefactoras del cilindro de inyección. Esto brinda una temperatura más homogénea en la mezcla y reduce la posibilidad de zonas sobrecalentadas en el cilindro.

Para secar el material se procede de la siguiente manera:

- 1) Buscar el material molido que se encuentra estibado en el área de almacenamiento del sector de molienda.

- 2) Adquirir las proporciones y cantidades correspondientes.
- 3) Volcar el material en la máquina secadora rotativa.
- 4) Utilizar un inyector de calor para lograr el secado del material (aproximadamente media hora).
- 5) Retirar el inyector de calor.
- 6) El material está listo para ser usado en el área de inyección.

### **1.2.3 Materia prima**

La materia prima utilizada en el sector proviene de diversos elementos de plástico post consumo. A continuación se detallan los mismos:

- Baldes de pintura.
- Baldes de helado.
- Jaulas de pollo.
- Tapas de bidones de agua.
- Tapas de botellas.
- Vasos de yogurt.
- Elementos de bazar.
- Precintos.
- Sillas.



*Figura 18. Materia prima*

Debido a esta gran variedad de productos primarios, los mismos se deben separar según dos criterios generales, el tipo de polímero del cual están compuestos y su color.

#### Clasificación según el tipo de polímero:

En Quanta se trabaja con solo tres tipos de polímeros, los mismos son descritos a continuación:

- Polietileno de alta densidad (PEAD): Pertenece a la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad). Este material se utiliza, entre otras cosas, para la elaboración de envases plásticos desechables.
- Polipropileno (PP): Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Proviene del grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de

aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

- Poliestireno de Alto Impacto (PSAI): Es una de las variedades existentes dentro de los poliestirenos. Dado que el poliestireno es un polímero muy frágil a temperatura ambiente, se modifica mediante la adición de polibutadieno, para mejorar su resistencia al impacto. Se designa comúnmente como HIPS (High Impact Polystyrene) o PSAI (Poliestireno de Alto Impacto).

Clasificación según el color:

Esta separación se realiza para facilitar el pigmentado de los productos finales. Los colores utilizados son blanco, negro, gris, azul, celeste, verde, rojo, naranja, amarillo, beige, transparente y “tuti” (denominación de la empresa para mezcla de varios colores).



Figura 19. Muestras de plástico molido

## 2 Problemáticas

Dentro del sector se presentan diversos inconvenientes durante la realización de sus actividades productivas. La mayoría de estos se deben al elevado nivel de trabajo manual que realizan los operarios en todas las etapas del proceso, desde la alimentación de los molinos, hasta el empaque y almacenamiento de la producción.

Los casos más relevantes de problemáticas e inconvenientes presentes en el sector son:

- La alimentación del molino a martillos se realiza en altura con el operario sobre un andamio, lo que representa un riesgo para él mismo, así como también resulta un trabajo incómodo con elevados tiempos improductivos e ineficientes.
- El suministro de la materia prima a los equipos de molienda produce salpicaduras y suciedad debido a los residuos presentes en el material (Ej: baldes de pintura).
- El transporte de la materia prima es realizado por los empleados del sector, por lo tanto existen diversas operaciones de desplazamiento, las cuales reducen la productividad y aumentan el agotamiento de los operarios.
- Debido a que el fraccionado del material procesado, el transporte y el almacenamiento del mismo se realizan de manera manual, los operarios resultan afectados por fatiga muscular. Es evidente que este método conlleva deficiencias en los tiempos de producción, así como también condiciona la capacidad productiva del sector.
- El proceso en el área resulta ineficiente, debido al elevado número de operaciones manuales que se realizan en el mismo. Esto se traduce en

elevados costos de producción y reducidos beneficios.

- El personal y la instalación se encuentran expuestos a diferentes riesgos, dado que no existen algunos sistemas y elementos de seguridad necesarios (Ej: protecciones de sierra de banco, paradas de emergencia, entre otros).
- La instalación eléctrica actual posee diversas deficiencias y tampoco cumple con las recomendaciones de las buenas prácticas del trabajo.
- El sector en específico se encuentra al aire libre, por lo que él mismo es afectado y condicionado por el clima, así como también los operarios.
- Debido al sistema de fraccionamiento y almacenamiento de los polímeros molidos, se dificulta la posterior recolección de los mismos para el sector de inyección, ya que se requieren diferentes proporciones dependiendo los productos finales que se deseen conformar.
- La ausencia de un tablero de comando general para el sector dificulta la puesta en marcha y parada de la maquinaria específica.

## 3 Objetivos

Teniendo en cuenta los inconvenientes y problemáticas expresadas en el capítulo anterior, procedemos a definir los objetivos generales y específicos del presente proyecto.

### 3.1 Objetivos generales

- Aumentar la producción.
- Disminuir los costos de producción.
- Aumentar la eficiencia y optimizar los tiempos productivos.
- Garantizar condiciones óptimas de higiene y seguridad.
- Normalizar la instalación eléctrica.
- Mejorar las condiciones generales del sector.

### 3.2 Objetivos específicos

- Diseñar y/o analizar la adquisición de un sistema de alimentación en base a un equipo de transporte de material, que facilite el suministro de materia prima para el molino a martillos desde la altura de trabajo; por consiguiente se eliminarían los desplazamientos innecesarios, el trabajo en altura, las operaciones incómodas y los consecuentes peligros.
- Diseñar y/o analizar la adquisición de un sistema de alimentación en base a un equipo de transporte de material, que comunique la salida del molino a martillos con la entrada del molino a cuchillas.
- Diseñar y/o analizar la adquisición de un sistema de lavado de material molido que resulte más conveniente y que se adapte al

nuevo proceso establecido, facilitando la sustracción del plástico para su posterior transporte y almacenamiento.

- Diseñar y/o analizar la adquisición de un sistema de transporte y almacenamiento de plástico molido, con el fin de eliminar el desplazamiento y la manipulación del material embolsado por parte de los operarios. Evitando de esta forma el trabajo pesado y la consecuente fatiga, mejorando los tiempos de producción en el sector y en el proceso posterior (inyección).
- Realizar un estudio de las posibles modificaciones y adaptaciones en los equipos existentes para mejorar su operatividad en conjunto con el resto de la línea productiva definida.
- Diseñar un sistema de seguridad adecuado para la sierra circular de banco que brinde protección y disminuya los riesgos para el operario.
- Desarrollar, en base a los apartados anteriores, un nuevo método de producción que se ajuste a los objetivos generales definidos.
- Redefinir el layout del sector, considerando el nuevo paradigma de producción y los nuevos equipos que se implementarán en el proceso. Analizando además la disposición óptima en función de los sectores relacionados con el sector de molienda.
- Analizar la viabilidad de construir un techo en el sector, para eliminar días improductivos debido a las condiciones climáticas desfavorables.
- Normalizar la instalación eléctrica del sector, verificando que cumpla con los requerimientos de las reglamentaciones vigentes. De manera tal de garantizar las condiciones necesarias de seguridad del personal y el sector.

- Proyectar un tablero de comando central para la operación de los equipos del sector, facilitando la puesta en marcha y parada del proceso.
- Analizar la viabilidad de una posible expansión en el mercado, a partir de la venta del plástico molido excedente, debido al aumento de la producción en el sector considerado.
- Realizar un estudio económico y financiero que determine la viabilidad de la ejecución del proyecto. Definiendo el período de amortización y la rentabilidad del mismo.

## 4 Análisis de alternativas

En el presente capítulo se postularán y analizarán diferentes alternativas para la solución de una misma problemática. Se tendrán en consideración sólo aquellas que lo admitan, para definir la más conveniente de llevar a cabo.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 4.1 Sistema de alimentación del molino a martillos
- 4.2 Sistema de alimentación del molino a cuchillas
- 4.3 Sistema de lavado
- 4.4 Sistema de transporte para almacenamiento
- 4.5 Sistema de almacenamiento del material

### 4.1 Sistema de alimentación del molino a martillos

Para facilitar el suministro de materia prima del molino a martillos desde la altura de trabajo, se llevará a cabo el diseño de un sistema de alimentación en base a un equipo de transporte de material. El sistema de transporte más aplicable, entre las diferentes alternativas existentes y teniendo en cuenta las características del material a transportar, es la cinta transportadora.

El equipo de transporte adoptado iniciará su operación a la altura de trabajo, para facilitar la carga de material en el mismo, y finalizará en la boca de alimentación del molino en cuestión; por lo tanto, el transporte estará ubicado con un determinado ángulo de inclinación. Por este motivo, el mismo contará con palas de arrastre que evitarán el retroceso del material.

Se tiene en consideración, además, que la empresa cuenta con la estructura de una cinta transportadora, la cual requeriría de algunas modificaciones específicas para ser adaptada a las necesidades presentes.



*Figura 20. Estructura de cinta transportadora*

## **4.2 Sistema de alimentación del molino a cuchillas**

Se dimensionará un equipo de transporte para el suministro del molino a cuchillas, cuyo punto de carga sea coincidente con la salida del molino a martillos, favoreciendo un proceso continuo de molienda. Además, cuando la materia prima presente un tamaño reducido, la alimentación del molino a cuchillas se hará directamente desde el transportador definido.

Evaluando el tipo de material a manejar, los espacios disponibles y la altura de elevación, entre otros factores, se considera una cinta transportadora como el medio más adecuado para alimentar el molino a

cuchillas. Otra posibilidad, que se debe tener en consideración, es emplear un transportador de tornillo sin fin como el equipo de transporte.

Se debe tener en cuenta también, como parte de la redefinición del layout del sector, la rotación del molino a martillos para que la dirección de salida del mismo sea coincidente con la entrada del molino a cuchillas.

### **4.3 Sistema de lavado**

El plástico procesado por los molinos requiere de un ligero lavado para separar suciedad y partículas pesadas. El sistema de limpieza utilizado actualmente (tanque de lavado) presenta ciertas dificultades para adaptarse al nuevo proceso proyectado, particularmente al momento de sustraer el material para su posterior transporte y almacenamiento. Esto se debe al principio de funcionamiento, siendo que el mismo posee un movimiento de rotación el cual distribuye el material de manera prácticamente uniforme sobre toda la superficie del fluido. Debido a esta distribución uniforme, no es posible retirar el material en un único punto de extracción porque permanecería plástico circulando en el tanque.

A causa de la desventaja anteriormente presentada, en el sistema actual, se plantean dos alternativas. La primera de ellas consiste en modificar el tanque de lavado con el fin de canalizar la totalidad del material hacia un único punto de extracción.

La segunda alternativa consiste en diseñar un sistema de lavado totalmente distinto al actual, aprovechando un tanque de sección rectangular que se encuentra disponible en la empresa y que presenta características adecuadas para dicho fin. El sistema pensado consta de palas longitudinales rotativas ubicadas transversalmente a lo largo del tanque. Este método de limpieza es utilizado ampliamente en la industria del reciclado de plástico, por lo que se tiene certeza de la efectividad del mismo.



*Figura 21. Tanque disponible ubicado en el "sector de inyección"*

## **4.4 Sistema de transporte para almacenamiento**

Una vez finalizada la etapa de lavado, el plástico molido debe ser trasladado hacia su almacenamiento, para su posterior utilización.

El sistema de transporte a optar estará definido en función del tipo de almacenaje adoptado, ya que debe ser capaz de cumplir con las exigencias del mismo.

Se plantean dos alternativas posibles de transporte: un único punto de descarga o varios puntos de descarga.

### **4.4.1 Transporte para un único punto de descarga**

Mediante este método se presentan tres posibilidades: extracción directa del material desde el sistema de lavado, extracción del material por medio de un sistema de transporte o extracción del material por medio de un sistema de transporte con secado.

Extracción directa:

El material es expulsado del sistema de lavado, por su propio mecanismo, hacia una rampa con fondo de tamiz para retirar el exceso de agua. Al finalizar su recorrido por la rampa, el plástico decanta en el punto de carga (salida de rampa). Se debe considerar que, empleando este método, el material resultante tendrá un alto contenido de humedad.

Extracción por sistema de transporte:

En este caso, el material es retirado del sistema de lavado mediante un sistema de transporte que permita, además, mejorar la extracción del exceso de agua. De esta manera el material finaliza su recorrido con menor contenido de humedad comparado con el procedimiento mencionado anteriormente.

Podemos observar que se presentan características y condiciones similares que en el sistema empleado actualmente para la alimentación del tanque de lavado. Por lo que, de igual manera, se considera un transportador de tornillo sin fin como una opción adecuada para cumplir con las funciones requeridas. En este caso, el mismo deberá contar con un fondo tamizado para el drenaje del agua y posterior retorno al tanque de lavado. También tendrá que estar dispuesto con cierta inclinación, con el fin de lograr una altura adecuada para el envasado o depósito.

Otra alternativa para la extracción del material es un elevador a cangilones. El mismo dispondrá de una longitud adecuada, que posibilite el correcto drenaje del exceso de agua mediante el uso de cangilones perforados. El material sería retirado del extremo de salida del tanque de lavado. Además, el sistema contará con una rampa ubicada en la parte inferior que posibilite el retorno del agua al tanque.

Por último, es necesario mencionar que, en caso de aplicar este método (extracción por sistema de transporte) o el anterior (extracción directa), se debe complementar el proceso de secado del material mediante su exposición a la intemperie (luz solar y viento), durante la posterior etapa de almacenaje, teniendo las debidas precauciones para protegerlo de las precipitaciones (recubrir con material impermeable).

#### Extracción por sistema de transporte con secado:

Actualmente existen diversos sistemas de transporte con secado en la industria del reciclado de plástico. Los más empleados consisten en una centrifugadora, como primera etapa, que retira la mayor parte del contenido de agua del material, imprimiendo un movimiento de rotación al mismo, y luego un transporte neumático, que utiliza aire seco caliente para deshumidificar y transportar el plástico simultáneamente. Los principales componentes del sistema neumático son un grupo de tuberías de secado de aire caliente (serpentín), un ciclón y una tolva de almacenamiento, ubicada al final del proceso.

La aplicación de estos equipos dará como resultado un material con mínimo contenido de humedad, preparado para ser comercializado y/o utilizado en la posterior etapa de inyección.

Cabe destacar que la adquisición de la maquinaria antes mencionada implica un elevado costo de inversión. También significa un costo operacional considerable debido al consumo eléctrico que suponen los equipos intervinientes (motores y resistencias, principalmente). Además debemos tener en cuenta que, actualmente, Quanta posee un sistema de secado de plástico, ubicado en el área de inyección, que a su vez cumple con la función de precalentamiento del material para favorecer de esta manera al proceso de inyección.

Finalmente, debido a las consideraciones expuestas se concluye descartar la posibilidad de aplicar este método. Es necesario recordar que la empresa no planea dedicarse exclusivamente a la producción y comercialización de plástico molido, por lo que no se encontraría interesada en realizar dicha inversión.

#### **4.4.2 Transporte para varios puntos de descarga**

En caso de adoptar esta alternativa se deberá realizar en primer lugar un transporte de elevación, para luego ser trasladado horizontalmente y lograr la distribución entre los distintos puntos de descarga.

Para realizar la elevación, nuevamente, se presentan las mismas necesidades de transporte que en la segunda posibilidad planteada en el apartado anterior (Sección 4.4.1), por lo tanto se consideran las dos alternativas mencionadas en dicha sección.

Una vez finalizada la elevación anterior el material se debe trasladar y distribuir de manera horizontal, como ya se hizo mención. Luego de analizar las opciones más viables para dicha tarea, se consideran un transportador de cadena del tipo redler y un transportador de tornillo sin fin como los más adecuados, debido a las características del material a transportar. Se debe tener en cuenta que, en general, la primera opción de transporte implica una inversión mayor comparada con la segunda alternativa.

#### **4.5 Sistema de almacenamiento del material**

Como se mencionó anteriormente (Sección 1.2.3), el material almacenado debe ser separado considerando dos criterios: tipo de polímero y pigmento. Esto dependerá exclusivamente de la materia prima procesada, lo que implica un sistema de almacenamiento individual.

#### **4.5.1 Almacenamiento para único punto de descarga**

Dada estas circunstancias se deberá contar con un elemento de almacenamiento que permita la versatilidad en cuanto a volumen de carga y movilidad, debido a la necesidad de separación y clasificación antes mencionada.

El elemento de envasado y transporte de material a granel, utilizado ampliamente en la actualidad, que posee las características adecuadas a las necesidades expuestas, es el bolsón big bag. El mismo cuenta con medidas estandarizadas que posibilitan su ubicación sobre un pallet, facilitando su manejo mediante transpaleta, también conocida como “zorra de carga”, o mediante un vehículo montacargas.

#### **4.5.2 Almacenamiento para varios puntos de descarga**

En esta situación se presentan tres posibilidades de almacenamiento: big bags, silos o una combinación de estos.

##### Almacenamiento en bolsones big bags:

Mediante este método, se ubicarán algunos big bags de gran capacidad en estructuras de soporte, para su utilización de manera estática con funciones similares a un silo. Además se dispondrá de una salida de carga individual para el llenado de bolsones, que puedan ser desplazados sobre pallets como se menciona en el apartado anterior.



*Figura 22. Ejemplo de big bag y soporte*

#### Almacenamiento en silos:

Esta alternativa de almacenaje puede aparentar a priori un costo mayor. Sin embargo, se tiene en consideración debido a que la empresa posee estructuras metálicas cilíndricas de este tipo, actualmente sin utilizar, que pueden ser adaptadas y empleadas para este fin. Esto disminuiría considerablemente los costos, presentando ventajas estructurales como la degradación reducida en comparación con los big bags. La capacidad de almacenamiento de los mismos debe ser objeto de análisis posterior.



*Figura 23. Ejemplo de silo disponible en Quanta*

Debido al contenido de humedad del material, se deberá modificar los silos para que contengan ventilaciones con rejillas laterales e inferiores, que faciliten el drenaje de agua y la circulación del aire, para retirar la humedad en exceso, favoreciendo de esta manera el proceso de secado. Además, se deberían realizar otras adaptaciones en los silos para el suministro de material de entrada y salida, así como también diseñar una estructura de soporte para los mismos.

#### Almacenamiento combinado:

La tercera posibilidad contempla la utilización combinada de ambos métodos de almacenaje ya mencionados, complementando las ventajas y desventajas de cada uno.

Este sistema estará conformado por silos y una descarga independiente, para el envasado en bolsones big bags y su traslado hacia la zona de

depósito. Esto permite disminuir la cantidad de silos necesarios para almacenar distintos tipos y pigmentos de polímeros, que son menos demandados, siendo el costo la principal desventaja que implica dicha estructura. De esta manera, se contará con las ventajas que proporciona el almacenamiento en silos para los polímeros más empleados.

## 5 Prefactibilidad

Para determinar la opción de proyecto que resulte más conveniente de llevar a cabo, se realiza un estudio de prefactibilidad. Este capítulo llevará a determinar si el proyecto es factible y viable con una serie de datos básicos, estimando la mejor alternativa para cada etapa del proceso productivo. Dicho objetivo se logrará a partir del desarrollo de un estudio técnico, en primer lugar, seguidamente de un análisis financiero.

A continuación se expresa una breve lista con los principales contenidos del capítulo:

- 5.1 Estudio técnico
- 5.2 Estudio financiero

### 5.1 Estudio técnico

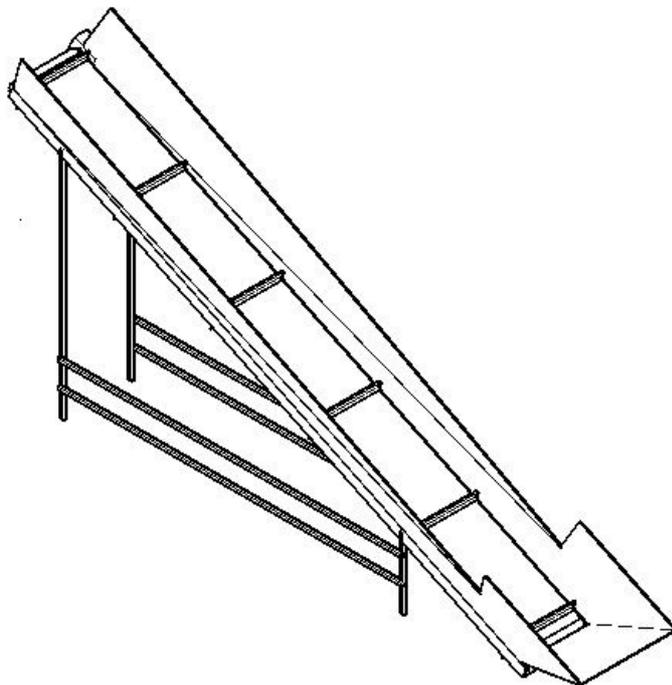
En la presente sección se estudia, de manera global, y se justifica, en la medida de lo posible, la elección entre las distintas alternativas de equipos intervinientes en el proceso productivo del sector, haciendo mención de los recursos e insumos necesarios para la implementación de los mismos.

#### 5.1.1 Análisis: Sistema de alimentación del molino a martillos

El sistema de transporte seleccionado para la alimentación del molino a martillos es una cinta transportadora. Dicha selección está fundada principalmente en base a la morfología del material. En esta etapa el mismo se encuentra en forma de trozos de gran tamaño, por lo cual resultaría ineficiente su manipulación por medio de otro tipo de transporte, como por ejemplo un transportador de tipo redler.

Teniendo en cuenta que la empresa cuenta con algunos componentes del equipo seleccionado (estructura de transporte deslizante, soporte inclinado, rodillo motriz y de reenvío), se deben considerar los materiales e insumos necesarios para las modificaciones que se realizarán, para su posterior análisis financiero. Como principales características, de la estructura de transporte, se debe mencionar que la misma tiene 5 [m] de largo por 0,58 [m] de ancho y que además el soporte cuenta con un sistema que le permite variar su inclinación.

Por último, es necesario remarcar que se deben realizar ciertas modificaciones e incorporaciones a la estructura preexistente, con el fin de obtener la funcionalidad deseada. Entre ellas se debe mencionar la colocación de bordes laterales, para contener el material sobre la cinta durante todo el trayecto, la disposición de una banda transportadora con palas de arrastre, para favorecer el transporte del material, y el montaje del sistema motriz con su correspondiente transmisión y reducción de velocidad.



*Figura 24. Vista en perspectiva de cinta transportadora*

### 5.1.2 Análisis: Sistema de alimentación del molino a cuchillas

Como ya se mencionó anteriormente, existen dos alternativas de equipos transportadores. La primera es utilizar una cinta transportadora como en la sección anterior y la segunda alternativa es conformar un transportador de tornillo sin fin.

Para realizar la selección adecuada previamente debemos realizar un análisis del material a transportar y las condiciones de trabajo. El material puede provenir de la primera etapa de molienda o de una carga directa de materia prima de menor tamaño. Procedemos primeramente, a analizar las dimensiones de los polímeros provenientes del molino a martillos. Para esto se tomó una muestra de dicho material y se realizó una medición de los trozos que pertenecían a la misma, como podemos observar en la siguiente imagen (Figura 25).



*Figura 25. Medición de muestra con calibre*

Dentro de la muestra, el ejemplar de mayor volumen presentó dimensiones de 100 x 80 [mm], con un espesor de 4 [mm]. Una vez determinados los tamaños y cotas más representativas del material, se procede a analizar la viabilidad de cada alternativa de transportador. Considerando que la cinta transportadora no presenta dificultades para

operar con materiales de las dimensiones expuestas, sólo se debe evaluar la viabilidad de conformar un transportador de tornillo sin fin con las características adecuadas para transportar un material con dichas magnitudes. Las principales medidas a tener en cuenta son el diámetro y el paso de la hélice.

Las recomendaciones para el correcto transporte de material, en el que cada fragmento presenta dimensiones muy variadas entre sí, expresa que el diámetro de la hélice debe ser igual o superior a 4 veces el diámetro del trozo de mayor tamaño. Debido a que el fragmento analizado presenta irregularidades, se considera el valor de 100 [mm] como el diámetro del mismo. Esto nos da como resultado una hélice de al menos 400 [mm] de diámetro, lo que implica también un paso similar, según las recomendaciones de diseño.

Considerar la posibilidad de llevar a cabo la construcción o adquisición de un transportador de tornillo sin fin con las dimensiones acordes a lo requerido, significa un gran costo de inversión, debido a que este tipo de sistema es aplicable para el transporte de materiales a granel de tamaño reducido. Además, seguirán existiendo inconvenientes, como por ejemplo, en la carga directa del molino a cuchillas, donde la materia prima presenta dimensiones muy variadas que no se adecuan a este tipo de equipo.

Finalmente, considerando lo antes expresado y en virtud de que la cinta transportadora posee la capacidad de cumplir con todas las exigencias y necesidades sin recurrir a una elevada inversión, se opta por utilizar este tipo de equipo.

Cabe mencionar que el tipo de cinta transportadora a utilizar debe contar con drenaje y bandeja de escurrido, debido a que el material a transportar posee una gran cantidad de agua, proveniente del molino a martillos, producto de la utilización de este fluido como medio refrigerante. Se plantean

dos alternativas como solución, por un lado el uso de una banda de malla metálica y por el otro una banda modular plástica.

### 5.1.3 Análisis: Sistema de lavado

Como ya se mencionó anteriormente se plantean dos alternativas para cumplir esta función: modificar el sistema actual o diseñar un sistema distinto.

La necesidad de adaptar el sistema utilizado actualmente recae en la imposibilidad de retirar mecánicamente el material del tanque de lavado. Esta desventaja, introducida anteriormente, puede ser resuelta modificando estructuralmente el tanque con el objetivo de conducir el material para su extracción en un mismo sitio; sin embargo, debido a la complejidad del movimiento del material dentro del mismo, resulta difícil proyectar una estructura que asegure la total sustracción del material, teniendo en cuenta la geometría del tanque, la interferencia con el sistema removedor, entre otros. Además se debe considerar que, utilizando este método, existe la posibilidad de que el material no permanezca en el tanque el tiempo necesario para un correcto lavado, ya que el recorrido del mismo puede llegar a ser menor de lo esperado.

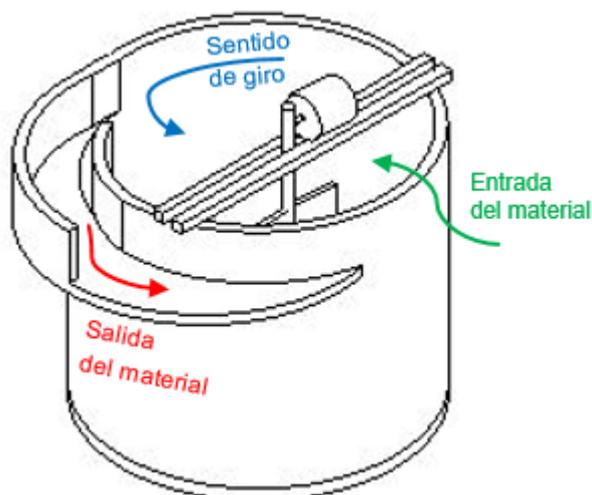
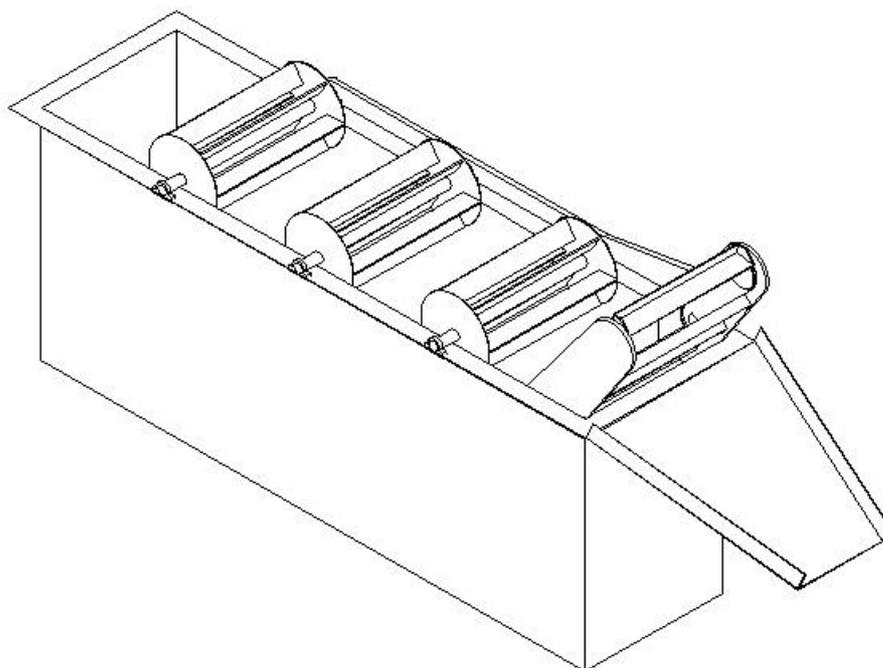


Figura 26. Esquema de modificaciones del tanque de lavado

Cabe mencionar que las modificaciones que se ilustran en la Figura 26 podrían llegar a solventar algunos de los inconvenientes mencionados como la salida del material, pero no asegura una limpieza homogénea del mismo, como se expresó al final del párrafo anterior, y un correcto flujo en la extracción, por lo que podría producirse acumulación indeseada de material. También debemos considerar que dichas adaptaciones son complejas de realizar en cuanto a los aspectos constructivos, debido a que consiste en varias placas con cortes curvos y arcos específicos, lo que implica uniones complicadas de llevar a cabo.

Debido a las dificultades e inconvenientes que conlleva el sistema anterior, surge la posibilidad de implementar un sistema de lavado que consta de palas longitudinales rotativas ubicadas transversalmente a lo largo de un tanque de sección rectangular, disponible en Quanta. La rotación de estas palas favorece el proceso de lavado, debido a que sumerge todo el material; por lo que, de esta manera, se asegura una limpieza homogénea del mismo. Además, el movimiento de los removedores produce el desplazamiento forzado del material desde un extremo al otro, permitiendo una sustracción simple y completa.

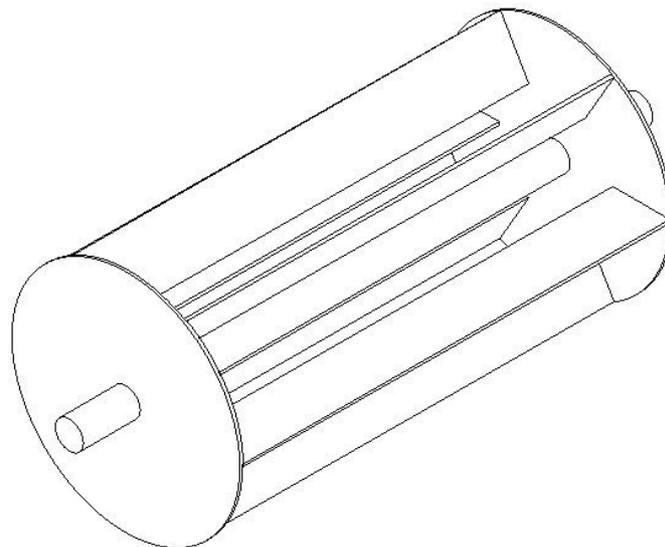


*Figura 27. Ejemplo de sistema de lavado con palas rotativas*

También debemos mencionar que las adaptaciones a realizar son relativamente económicas y sencillas de realizar en términos técnicos. En cuanto al principio de funcionamiento del sistema podemos decir que el mismo presenta cierta simplicidad. Asimismo, la característica más destacable de este mecanismo es su efectividad, que está ampliamente comprobada por ser utilizado en numerosas industrias.

Debido a las ventajas que presenta el desarrollo de un nuevo sistema con palas transversales en relación al sistema actual con sus respectivas modificaciones, se opta, finalmente, por llevar a cabo este método de limpieza.

Teniendo en cuenta que se utilizará un tanque preexistente, se deben considerar las modificaciones e incorporaciones a realizar. Entre ellas se debe mencionar la construcción del sistema de palas transversales rotativas (Figura 28), el montaje de rodamientos y el dimensionamiento e instalación del sistema motriz, en conjunto con la transmisión y la correspondiente reducción de velocidad.



*Figura 28. Ejemplo de rodillo con palas transversales*

### **5.1.4 Análisis: Sistema de transporte para almacenamiento**

Para transportar el material desde el sistema de lavado hacia su almacenamiento se plantearon dos alternativas posibles.

#### **5.1.4.1 Transporte para único punto de descarga**

Se proponen tres tipos de extracción de material en función del contenido de humedad que se pretenda, siendo que cada método presenta distinto grado de complejidad.

##### Extracción directa:

La solución más simple para realizar la extracción del material consiste en una estructura adaptada al sistema de lavado escogido, que permita recolectar el material aprovechando el movimiento del mismo, debido al mecanismo de lavado.

La estructura estará conformada por una rampa con doble fondo, ubicada al final del tanque de lavado, de manera que canalice el material hacia el punto de almacenamiento y que permita retirar el exceso de agua.

Para su elaboración se utilizará chapa LAF de 0,9 [mm] de espesor, estimando una superficie total de 2 [m<sup>2</sup>]. Además, debemos mencionar que es necesaria la construcción de una estructura con el fin de elevar el tanque de lavado, para obtener de esta manera el espacio adecuado para realizar la carga de big bags.

Es necesario destacar que el material extraído por medio de este método es el que presenta un mayor contenido de humedad, por lo tanto se determina que este sistema no será utilizado como única forma de extracción, ya que dificultará el secado del material. Sin embargo, no se

descarta la posibilidad de combinar este elemento con otro sistema, ya que podría complementar al mismo.

#### Extracción por sistema de transporte:

En este método se presentan dos posibilidades: la utilización de un transportador de tornillo sin fin o la utilización de un elevador a cangilones.

Ambos equipos permiten la elevación del material desde el tanque de lavado, con la que se facilita el posterior llenado de bolsones big bags, proporcionando el espacio en altura necesario. Además se mejora de manera considerable la extracción del exceso de agua del material.

En cuanto al retorno del exceso de agua en el caso del tornillo sin fin, es necesario remarcar que, dicho retorno debe realizarse mediante la utilización de una bomba, debido a que la boca de alimentación del equipo debe ubicarse por debajo del nivel del agua. Por el contrario, en el caso de utilizar el transportador a cangilones, los mismos contarían con perforaciones y serían sumergidos para luego ser elevados sobre una rampa inclinada donde precipitaría el exceso de agua, que luego retornaría al tanque de lavado por efecto de la gravedad.

Otro factor a tener en cuenta son las modificaciones que deberían realizarse al tanque actual. Utilizar un transportador helicoidal implica necesariamente adaptar el extremo del tanque de lavado, con el fin de lograr el desborde del material hacia la boca de alimentación del tornillo sin fin. En caso de emplear un transportador a cangilones, a diferencia de la otra alternativa, es posible evitar la ejecución de modificaciones radicales en el extremo mencionado.

Debido a la aplicación específica de ambos transportadores, se tendrá en consideración la construcción de los equipos, ya que no es factible llevar a cabo la compra de los mismos en el mercado, dada la necesidad de

realizar ciertas adaptaciones para obtener la funcionalidad deseada. Por lo tanto, en el posterior análisis financiero, se llevará a cabo una comparativa teniendo en cuenta los elementos requeridos para la fabricación de ambos transportadores.

#### **5.1.4.2 Transporte para varios puntos de descarga**

El sistema de transporte seleccionado para lograr varios puntos de descarga se constituye por dos transportadores, uno de ellos ubicado a la salida del tanque de lavado con cierto grado de inclinación, para realizar la elevación del material, y otro ubicado en altura de manera horizontal para lograr la distribución del plástico en las respectivas bocas de descarga del mismo.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que este tipo de transporte está ligado de manera directa al tipo de almacenamiento que se defina. Como ya se mencionó en el apartado 4.5.2 (Almacenamiento para varios puntos de descarga) existen tres posibilidades básicas. Las características principales del transportador horizontal (superior) dependen del tipo de alternativa de almacenamiento que se adopte, en cuanto a longitud y cantidad de bocas. También afectarán la cota de elevación necesaria debido al espacio físico en altura que puedan ocupar los mismos.

Teniendo en cuenta las aclaraciones anteriores, se procede a definir la cantidad de bocas de descarga y la altura de elevación necesaria para cada sistema de almacenamiento en particular.

Es necesario recordar que el número de puntos de descarga depende directamente de la cantidad de elementos de almacenamiento (big bags o silos), que a su vez será definida en función de los polímeros que presentan mayor demanda. A continuación se expone una tabla, elaborada a partir de datos suministrados por la empresa, con los porcentajes aproximados de la

demanda de cada polímero. Los mismos se encuentran clasificados según el tipo de polímero y color.

*Tabla 1. Clasificación de la demanda de polímeros*

<b>Materia prima</b>	<b>Polímero</b>	<b>Color</b>	<b>Demanda</b>
Tapa de botella	PP	Multicolor	35 %
Tapa de bidón	PEAD	Celeste	20 %
Balde	PEAD / PP	Negro	20 %
Tapa de botella	PP	Amarillo	5 %
Jaula de pollo	PEAD	Blanco	5 %
Varios	PEAD / PP / PSAI	Varios	15 %

*Aclaración: La clase "Varios" indica el conjunto de subcategorías que presentan muy baja demanda*

Podemos observar que existen cinco polímeros que son habitualmente muy demandados en la elaboración de productos. Esto implica la necesidad de contar con un almacenamiento independiente fijo para satisfacer dicha demanda. De esta manera se definen cinco bocas de descarga destinadas a alimentar los elementos de almacenamiento y una salida sobrante para la descarga de materiales varios, dando como resultado un total de seis bocas de descarga a lo largo de todo el transportador horizontal.

Debemos definir entonces la cota de separación entre cada boca de descarga y la altura del transportador superior. Para definir estas magnitudes se tienen en cuenta las dimensiones de los dos posibles elementos de almacenamiento.

Para el sistema de almacenamiento en bolsones big bags se tienen en cuenta las dimensiones estándar, de un modelo de gran tamaño: base de 0,9 [m] y altura de 2 [m]. Por lo tanto se adopta una separación entre salidas de descarga de 1,5 [m] y una cota de elevación de 3,5 [m] del transportador horizontal. En función de estos parámetros se define un transportador

horizontal de 8 [m] de longitud y un transportador inclinado de 5 [m] de longitud (ángulo de inclinación 45°).

En el caso del sistema de almacenamiento en silos se considera como parámetro de referencia el silo de mayor tamaño con el que se cuenta en la empresa. El mismo posee un diámetro de 1,65 [m] y una altura de 2,65 [m], por consiguiente se opta por una separación entre salidas de descarga de 2 [m] y una cota de elevación de 4 [m]. Esto implica un transportador horizontal de 10,5 [m] de longitud y un transportador inclinado de 6 [m] de longitud (ángulo de inclinación 45°).

En cuanto a la capacidad de transporte de ambos equipos se determinó utilizar la anteriormente establecida en los transportadores de las etapas previas, dentro del proceso productivo.

### **5.1.5 Análisis: Sistema de almacenamiento del material**

Como ya se estableció existen dos alternativas de almacenamiento a partir del transporte utilizado hacia el mismo, definiendo un único punto de descarga o varios. Para realizar el correspondiente estudio técnico es necesario conocer las cantidades de plástico molido que se manipulan en el sector. Dichos parámetros varían ampliamente dependiendo de diversos factores como por ejemplo la demanda de productos, la materia prima disponible, la situación económica del país, entre otros. A continuación se presentan tablas brindadas por el personal de Quanta que documentan la cantidad de kilogramos de material procesado en stock, para distintos períodos.

Tabla 2. Material en stock al mes de enero 2021

Materia prima	Polímero	Color	Stock [bolsas]	Stock [kg]
Jaula de pollo	PEAD	Multicolor	18	324
Tapa de bidón	PEAD	Celeste	325	5.850
Tapa de bidón	PEAD	Transparente	41	738
Tapa de bidón	PEAD	Transp. - Verde	7	126
Pote de helado	PSAI	Azul	15	270
Silla	PP	Blanco	48	872
Tapa de botella	PP	Amarillo	115	2.070
Tapa de botella	PP	Naranja	23	414
Tapa de botella	PP	Multicolor	585	10.530
<b>TOTAL</b>			<b>1.117</b>	<b>21.194</b>

Tabla 3. Material en stock al mes de febrero 2021

Materia prima	Polímero	Color	Stock [bolsas]	Stock [kg]
Balde	PEAD+PP	Blanco	57	912
Jaula de pollo	PEAD	Multicolor	16	288
Tapa de bidón	PEAD	Transparente	104	1.664
Tapa de bidón	PEAD	Transp - Verde	6	112
Pote de helado	PSAI	Azul	14	240
Precinto	PP	Azul	8	128
Silla	PP	Blanco	4	64
Tapa de botella	PP	Amarillo	101	1.616
Tapa de botella	PP	Naranja	20	368
Tapa de botella	PP	Multicolor	410	6.560
<b>TOTAL</b>			<b>740</b>	<b>11.952</b>

Tabla 4. Material en stock al mes de marzo 2021

Materia prima	Polímero	Color	Stock [bolsas]	Stock [kg]
Jaula de pollo	PEAD	Multicolor	18	288
Tapa de bidón	PEAD	Celeste	864	13.824
Tapa de bidón	PEAD	Transparente	82	1.312
Tapa de bidón	PEAD	Transp - Verde	7	112
Pote de helado	PSAI	Azul	15	240
Precinto	PP	Azul	8	128
Tapa de botella	PP	Amarillo	84	1.344
Tapa de botella	PP	Naranja	6	96
Tapa de botella	PP	Multicolor	352	5.632
<b>TOTAL</b>			<b>1436</b>	<b>22.976</b>

Como ya se ha mencionado en otras oportunidades el plástico molido es actualmente almacenado en bolsas, las mismas son de rafia de polipropileno tejido, sus dimensiones son de 47 [cm] por 75 [cm] y poseen una capacidad aproximada de 40 [l] de los cuales se aprovechan efectivamente unos 35 [l] debido a que no se llenan completamente para permitir el cierre de la misma.

De esta manera podemos determinar el volumen en litros de plástico molido que se encuentra disponible en stock dentro de la empresa para el período de marzo debido a que éste es el que presenta mayor cantidad de material.

$$V_{total} = V_{bolsa} * Cant_{bolsas} = 35 [l] * 1.436 = 50.260 [l]$$

Conociendo el volumen total en stock podemos analizar la viabilidad técnica de utilizar los elementos de almacenamiento considerados, según sus capacidades.

En primer lugar se estudia la posibilidad de implementar las estructuras preexistentes en la empresa como silos de almacenamiento, teniendo en cuenta la necesidad de adaptarlos para dicho fin. En total se cuenta con tres estructuras aprovechables, con configuraciones y dimensiones diferentes. A continuación se presenta un esquema de los mismos, con sus respectivas cotas.

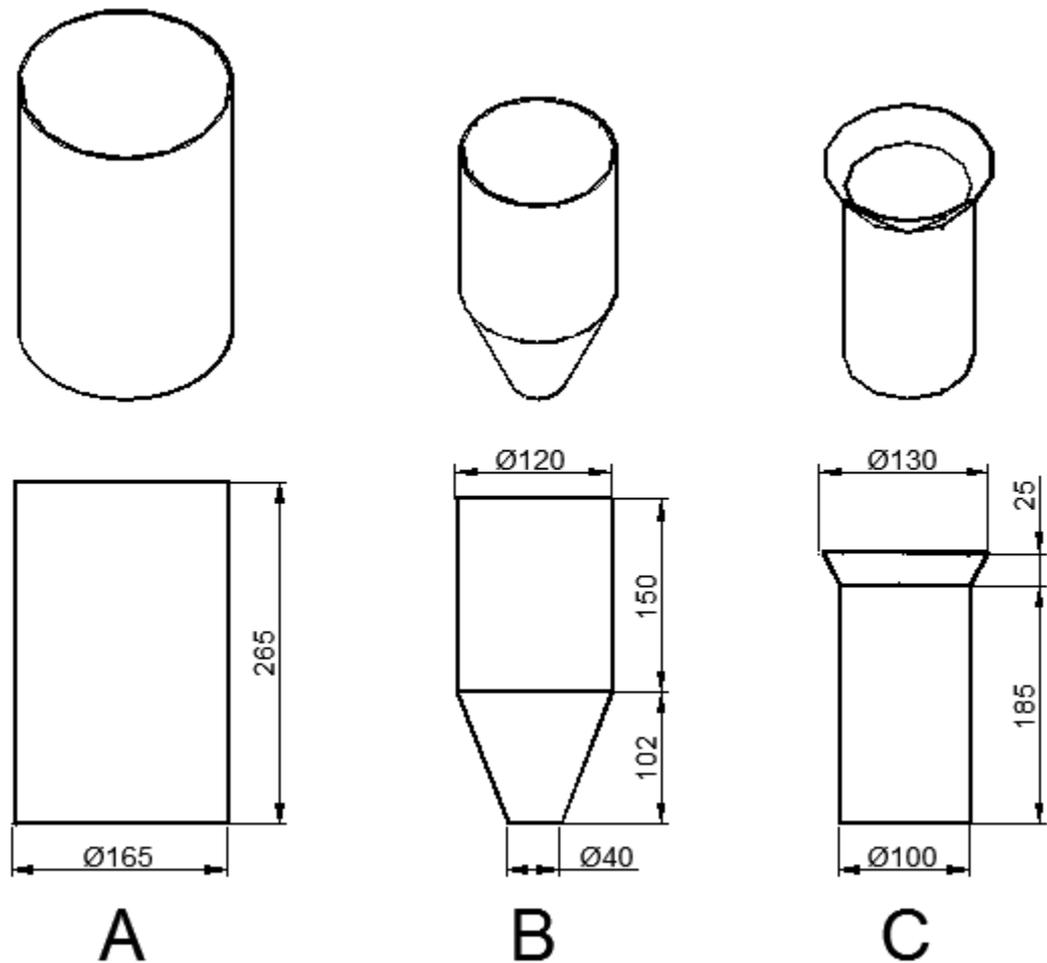


Figura 29. Esquema de silos existentes en Quanta (cotas en [cm])

A partir de las medidas relevadas se obtienen las capacidades de las estructuras en cuestión:

- Capacidad silo A: 5666 [l]
- Capacidad silo B: 2251 [l]
- Capacidad silo C: 1452 [l]

Por lo tanto se cuenta con una capacidad total de 9369 [I]. Se debe tener en cuenta que a partir de las modificaciones necesarias este valor puede presentar variaciones.

Es evidente que las capacidades de cada silo difieren mucho entre sí, presentando los silos “B” y “C” una capacidad muy por debajo de la necesaria para cubrir el almacenamiento de los tipos de polímeros más demandados, siendo necesario proseguir con el embolsado del material sobrante para compensar esta deficiencia, que en algunos casos, puede representar un elevado porcentaje del total. Además se deben incorporar dos silos, para aumentar la capacidad de almacenamiento y de esta manera acopiar por separado los polímeros de mayor demanda como se dispuso anteriormente. Los mismos tendrán un volumen similar al silo “A” ya disponible en el establecimiento, de esta manera se lograría un sistema capaz de almacenar aproximadamente un 40% del polímero actualmente disponible en stock.

Para aplicar este sistema de cinco estructuras de almacenamiento debemos modificar las preexistentes que se encuentran en Quanta. Dentro de las modificaciones más importantes se encuentran:

- Agregar el fondo cónico en los silos “A” y “C”, y adaptar el del silo “B”.
- Añadir ventilaciones para favorecer el secado del material dentro de los silos.
- Diseñar y construir estructuras de soporte para cada elemento de almacenamiento.
- Realizar cerramientos superiores para brindar protección contra precipitaciones y de esta manera evitar la acumulación de agua.
- Añadir brida de salida para la descarga de material.
- Modificar altura de los silos.

Evidentemente el sistema es complejo de llevar a cabo teniendo en cuenta que está conformado por dos equipos de transporte (uno de

elevación y otro de desplazamiento horizontal) ambos de grandes longitudes, uno de ellos con salidas diferenciadas, además de los cinco silos, siendo que actualmente se cuenta con tres de ellos, que a su vez requieren las modificaciones anteriormente expuestas. También es necesario tener en cuenta que los silos a adquirir probablemente necesiten adaptaciones similares. A pesar de estas nuevas instalaciones se debería continuar realizando el empaque en bolsas por lo que no se suprime esta tarea aún realizando estas inversiones.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado y considerando que a pesar de efectuar la construcción de estas nuevas instalaciones es necesario continuar realizando el almacenamiento en bolsas, y que además, se espera un aumento considerable en la producción del sector, debido a las modificaciones planificadas a lo largo de toda la línea de molienda, con lo que el porcentaje de almacenamiento provisto por los silos se vería ampliamente superado por la producción, se puede concluir que es poco factible llevar a cabo. Incluso, a priori, es evidente que este sistema implica una gran inversión sin la necesidad de realizar un análisis financiero exhaustivo.

La alternativa a los silos propuesta es la utilización de bolsones big bags, debido a su costo considerablemente menor, ubicados de manera fija como se expresó en la Sección 4.5.2 . La capacidad de un bolsón de gran tamaño es de 1600 [l], por lo que utilizar cinco de éstos en reemplazo de los silos implica una importante disminución de la capacidad de almacenaje. Podría implementarse una mayor cantidad de bolsones fijos, pero esto aumentaría notablemente la complejidad del sistema de transporte y el espacio físico utilizado sin necesidad de realizar un análisis exhaustivo. Asimismo, no se lograría suprimir la operación de embolsado, por lo que este sistema no presenta grandes beneficios con respecto al anterior. También, se debe hacer mención de que el tejido por el cual están constituidos es capaz de resistir aproximadamente unas 1.200 horas de exposición a la intemperie, lo que implicaría un recambio periódico de los elementos.

Mediante el estudio técnico realizado para la implementación de un sistema de almacenamiento con varios puntos de descarga se puede notar que estos poseen gran cantidad de deficiencias en comparación con los beneficios que puede presentar, siendo de todas formas necesario el almacenaje independiente debido a la gran variedad y clasificaciones de material. Es por este motivo que se plantea únicamente la utilización de una boca de descarga para el almacenamiento en bolsones big bags, sin contar con elementos fijos que complejizan el sistema de transporte y almacenamiento.

Como ya se dispuso, se emplearán bolsones big bags estandarizados. Se optó por seleccionar bolsones de uso más común, que poseen dimensiones de 0,9 [m] de base y 1,1 [m] de altura. Al utilizar bolsones de menor capacidad se favorece el proceso de secado a la intemperie, debido a que no se acumula una gran cantidad del material dentro del empaque.

Se utilizarán pallets como medio de transporte, esto representa una ventaja siendo que la empresa cuenta con gran cantidad de ellos, además poseen una muy buena versatilidad para su manipulación. Otro beneficio debido a estos elementos es la separación que se logra con respecto al suelo, esto mejora aún más el proceso de deshumidificación de los polímeros.

La manipulación y transporte de los pallets se realiza por medio de transpaleta (zorra de carga), la misma puede ser manual o eléctrica, además cuenta con la posibilidad de incorporar balanza lo que implica una ventaja considerable para registrar las cantidades de material procesado disponible, siendo una de las deficiencias del sistema actual. También se puede usar un montacargas como vehículo de desplazamiento y elevación, de esta manera se lograría estibar los empaques para una mayor eficiencia en el uso del espacio disponible. Los big bags deben ser cubiertos cuando se encuentran dispuestos en la intemperie, como se realiza actualmente, para obtener una protección contra las precipitaciones y favorecer el secado.

Por último debemos recomendar la expansión de la superficie pavimentada del área de molienda, esto se debe a que permite una mejor movilidad con los dispositivos de manipulación de bolsones big bags. A su vez otorga mayor espacio para utilizar como depósito, mejorando la circulación del personal y disminuyendo los tiempos de traslados. También es importante señalar que actualmente Quanta no cuenta con autoelevadores ni equipos similares, por lo que adoptar esta alternativa podría implicar una inversión adicional.

## **5.2 Estudio financiero**

En esta sección se realizará un análisis de los recursos, insumos y equipos que se implementarán dentro del sector productivo. Dicho estudio estará orientado a una evaluación de la viabilidad y rentabilidad de las alternativas propuestas.

El análisis financiero, además, puede determinar si se debe adquirir, elaborar o modificar ciertas maquinarias y equipos implicados en la producción. Para esto se presentan tablas con los recursos e insumos definidos anteriormente, que son necesarios para llevar a cabo el proyecto, con su respectivos montos.

Cabe aclarar que las alternativas descartadas luego del correspondiente estudio técnico no se tendrán en cuenta en esta sección. También es necesario mencionar que los trabajos a realizar pueden ser llevados a cabo por los mismos empleados de la empresa. Para definir el valor de la mano de obra se tiene en cuenta el costo actual del operario por hora en Quanta, para trabajos en metal, que es de \$726. Por lo que en cada caso se realizará una estimación de las horas y empleados necesarios para las tareas a desarrollar.

### 5.2.1 Análisis: Sistema de alimentación del molino a martillos

La alimentación del molino a martillos se realizará a través de una cinta transportadora como se definió anteriormente. En este apartado se analizará si es viable modificar y adaptar la estructura disponible en Quanta o es más conveniente realizar la compra de una cinta transportadora en el mercado que cumpla con los requisitos solicitados.

A continuación, se presenta una tabla con los materiales y la mano de obra necesaria para lograr la funcionalidad buscada a partir del equipo preexistente, con su respectiva valoración en pesos. Es necesario aclarar que los costos son una aproximación llevando a cabo un análisis general y estimativo de cada rubro.

*Tabla 5. Costo del sistema de alimentación del molino a martillos*

Descripción		Precio
Materiales	Construcción metálica	\$ 15.000
	Bulonería	\$ 1.500
	Equipos	\$ 190.000
	Pintura	\$ 1.600
Mano de obra		\$ 58.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 266.100</b>

Se solicitó presupuesto a distintas empresas dedicadas a la construcción y comercialización de dicha maquinaria para realizar una comparación respecto de los valores obtenidos en el análisis anterior. El equipo y costo que se adecuaron en mayor medida a las necesidades del proyecto fue el perteneciente a la empresa “MRG Equipamientos S.R.L.” el cual nos brindó un presupuesto de \$1.410.255 (+ costos de envío). Dicha cotización se puede encontrar en el Anexo B-1.

Por lo tanto, se opta por realizar el ensamble del equipo a partir de la adaptación de la estructura preexistente y la adquisición de los componentes necesarios. Esta alternativa es ampliamente conveniente, a pesar de la posibilidad de que se presenten costos menores que no fueron considerados.

### **5.2.2 Análisis: Sistema de alimentación del molino a cuchillas**

La alimentación del molino a cuchillas se realizará a través de una cinta transportadora como se definió anteriormente. En este apartado se analizará si es viable el cálculo, diseño y construcción de un equipo propio, o es más conveniente realizar la compra de una cinta transportadora en el mercado que cumpla con los requisitos solicitados.

Previo a este análisis es necesario determinar si la banda transportadora será de tipo modular plástica o de malla metálica. Técnicamente ambas opciones cumplen con los requisitos necesarios, por lo que se consultó por presupuestos de cada una con diferentes fabricantes. Se define utilizar la banda modular, considerando que la malla metálica tiene un costo considerablemente mayor, ya que necesariamente debe ser de acero inoxidable como consecuencia de su trabajo continuo con agua.

A continuación, se presenta una tabla con los materiales y la mano de obra necesaria para la construcción del equipo, con su respectiva valoración en pesos. Es necesario aclarar que los costos son una aproximación llevando a cabo un análisis general y estimativo de cada rubro.

Tabla 6. Costo del sistema de alimentación del molino a cuchillas

Descripción		Precio
Materiales	Construcción metálica	\$ 75.000
	Bulonería	\$ 5.500
	Equipos	\$150.000
	Pintura	\$ 4.000
Mano de obra		\$ 200.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 434.500</b>

Se solicitó presupuesto a distintas empresas dedicadas a la construcción y comercialización de dicha maquinaria para realizar una comparación respecto de los valores obtenidos en el análisis anterior. El equipo y costo que se adecuaron en mayor medida a las necesidades del proyecto fue el perteneciente a la empresa “MDC Componentes Industriales” el cual nos brindó un presupuesto de \$559.843,88 (+ costos de envío). Dicha cotización se puede encontrar en el Anexo B-2.

Por lo tanto, se define optar por realizar el diseño y construcción del equipo a partir de la adquisición de los componentes necesarios. Esta alternativa es ampliamente conveniente, a pesar de la posibilidad de que se presenten costos menores que no fueron considerados. También se debe aclarar que algunos componentes pueden ser fabricados por la empresa, como es el caso de la pista de deslizamiento. Ésta puede ser confeccionada en plástico, lo que disminuye el costo final y brinda una solución a posibles problemas de oxidación.

### 5.2.3 Análisis: Sistema de lavado

Como se definió en el estudio técnico, se implementará un sistema de lavado distinto al utilizado actualmente. Debido a que el funcionamiento de dicho sistema está basado en equipos ampliamente utilizados en la industria

del reciclado de plástico, se analizará si es viable llevar a cabo la construcción de un sistema de lavado con el tanque disponible en la empresa o si es conveniente realizar la compra de un equipo similar en el mercado.

A continuación, se presenta una tabla con los materiales y la mano de obra necesaria para la construcción del sistema de lavado planteado, con su respectiva valoración en pesos. Es necesario aclarar que los costos son una aproximación llevando a cabo un análisis general y estimativo de cada rubro.

Tabla 7. Costo del sistema de lavado

Descripción		Precio
Materiales	Construcción metálica	\$ 50.500
	Bulonería	\$ 3.500
	Equipos	\$ 60.500
	Pintura	\$ 1.500
Mano de obra		\$ 70.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 186.000</b>

Se solicitó presupuesto a la empresa “Tecnofer Ecoimpianti S.R.L.” dedicada a la comercialización de equipos similares al requerido para realizar una comparación respecto de los valores obtenidos en el análisis anterior. La cotización realizada por dicha empresa es de \$4.145.200 (+ costos de envío). Dicho presupuesto se puede encontrar en el Anexo B-3.

Se debe mencionar que el equipo cotizado cuenta con un sistema de extracción, que permite realizar el transporte del material lavado hacia afuera del tanque. En nuestro caso en particular, este tipo de transporte se analiza en el siguiente apartado (Sección 5.2.4). De todas maneras, considerando solo el sistema de lavado, el orden de magnitud del costo expuesto no

presentará una disminución monetaria considerable que justifique la adquisición del producto.

Por lo tanto, se opta por realizar la construcción del equipo a partir de la adaptación del tanque preexistente en la empresa y la adquisición de los componentes necesarios. Esta alternativa es ampliamente conveniente, a pesar de la posibilidad de que se presenten costos menores que no fueron considerados.

#### **5.2.4 Análisis: Sistema de transporte para almacenamiento**

En esta etapa, el método de transporte del plástico molido dependía en un principio de la cantidad de puntos de descarga que se definían, según el tipo de almacenamiento a utilizar. Como se determinó anteriormente (Sección 5.1.5), técnica y económicamente resulta conveniente utilizar un único punto de descarga.

Entre las alternativas para lograr un solo punto de descarga se consideran solamente las posibilidades de utilizar un transportador, siendo que el método de extracción directa fue descartado. Entre las posibilidades de transporte, como ya se mencionó, se puede emplear un tornillo sin fin o cangilones.

En esta sección se evaluará el transporte que presente una mayor rentabilidad en términos financieros, para establecer su aplicación en el proyecto de manera definitiva, siendo que técnicamente ambos presentan ventajas similares.

A continuación se exponen los elementos necesarios para llevar a cabo la construcción del transportador de tornillo sin fin (Tabla 8) y del elevador a cangilones (Tabla 9). Previamente debemos aclarar que no se tendrán en cuenta los materiales requeridos para la fabricación de estructuras de soporte, ya que es una inversión común a ambos equipos.

Tabla 8. Costo de transportador a tornillo sin fin

Descripción		Precio
Materiales	Construcción metálica	\$ 130.000
	Bulonería	\$ 1.500
	Equipos	\$ 60.000
	Pintura	\$ 2.500
Mano de obra		\$ 80.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 274.000</b>

Tabla 9. Costo de transportador a cangilones

Descripción		Precio
Materiales	Construcción metálica	\$ 50.000
	Bulonería	\$ 1.500
	Equipos	\$ 45.000
	Pintura	\$ 2.500
Mano de obra		\$ 100.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 199.000</b>

En conclusión, teniendo en consideración la comparación financiera realizada, se decide realizar el diseño y la construcción de un transportador a cangilones como sistema de extracción del material, ubicado en el extremo final del tanque de lavado.

### 5.2.5 Análisis: Sistema de almacenamiento del material

Como ya se determinó anteriormente, el almacenamiento se realizará en bolsones big bags estandarizados ubicados sobre pallets.

Las bolsas utilizadas en Quanta actualmente son adquiridas en la empresa “Envasar SRL” ubicada en la ciudad de Crespo. El costo de las

mismas es de \$30,50 por unidad. La misma empresa comercializa bolsones big bags de 90 [cm] de base y 110 [cm] de altura, los cuales tienen un valor de \$762,30 por unidad.

Teniendo en cuenta que la capacidad efectiva de los bolsones big bags es de 810 [l] y las bolsas poseen un volumen efectivo de 35 [l], podemos decir entonces que un big bag equivale, en cuanto a su capacidad, aproximadamente a 23 bolsas. A continuación se presenta una tabla con el fin de establecer una comparación entre ambos elementos.

Tabla 10. Comparación entre big bag y bolsas

	Bolson Big Bag	Bolsas
Dimensiones	90 [cm] x 90 [cm] x 110 [cm]	75 [cm] x 47 [cm]
Cantidad equivalente	1	23
Capacidad total	810 [l]	805 [l]
Precio total	\$ 762,30	\$ 701,50

Como se puede apreciar, ambas alternativas tienen costos similares para capacidades equivalentes, con la diferencia que los bolsones big bags presentan mayores beneficios en cuanto a productividad, ya que con un bolsón se reemplazan 23 bolsas las cuales deben ser cargadas, atadas y transportadas individualmente, lo que representa una mayor cantidad de operaciones, esfuerzos y tiempos improductivos. Por lo que se concluye que la utilización de bolsones big bags representa mayores ventajas en comparación del método de almacenamiento actual.

Respecto a el estibamiento y depósito de las bolsas con material procesado, actualmente en Quanta, se realiza sobre pallets de madera, por lo que la empresa ya cuenta con gran cantidad de éstos, pudiendo ser utilizados para la nueva disposición.

En cuanto al medio de manipulación y transporte de pallets, se presentan cuatro posibilidades de uso común en la industria. Considerando que se va a movilizar un big bag por pallet, la capacidad de carga de los equipos equivaldrá a unas 23 bolsas, como ya se mencionó. Siendo el peso aproximado de las bolsas cargadas 18 [kg], se tiene un total de 414 [kg] por cada big bag. Considerando además el peso del pallet y un margen de seguridad en caso de manejar mayor peso del supuesto, se obtiene una capacidad de carga máxima no mayor a 500 [kg]. Debido a que los equipos utilizados para la tarea en cuestión están contruidos para cargas mucho mayores, se selecciona en cada caso los de menor capacidad, con la intención de obtener costos reducidos. Los precios fueron consultados en sitios web, con el fin de tener un valor de referencia.

*Tabla 11. Comparación de transportes y costos*

Elemento de transporte	Capacidad	Precio
Transpaleta hidráulica manual	2000 [kg]	\$ 41.064,15
Transpaleta hidráulica manual con balanza	2000 [kg]	\$ 140.519,00
Transpaleta eléctrica	1500 [kg]	\$ 332.00,00
Autoelevador	1500 [kg]	\$ 1.701.000,00

Podemos observar que la transpaleta hidráulica manual es la alternativa más simple y económica. En cuanto a la opción de que la misma incorpore una balanza puede ser de gran utilidad para realizar el control en peso del material producido y almacenado. Cabe destacar que esta medición no es de carácter indispensable para los objetivos de este proyecto. Además la carga de cada big bag es un valor que presenta pocas variaciones por lo tanto se puede estimar fácilmente, teniendo en cuenta un valor de referencia previamente determinado.

La tercera posibilidad (transpaleta eléctrica) tiene la ventaja de facilitar, en gran medida, el transporte del material. Pero debido a que las distancias

a recorrer y las cargas a trasladar en nuestro caso son reducidas, este beneficio es irrelevante.

Por último, la opción de adquirir y utilizar un autoelevador tiene grandes ventajas en cuanto a versatilidad, velocidad y comodidad. Además permite elevar el material de manera considerable, posibilitando la carga de un camión en caso que se requiera y/o el almacenamiento en altura sobre estructuras adecuadas, ahorrando importante espacio físico a nivel del suelo. Sin embargo no existe una numerosa cantidad de bolsones a almacenar y, también, es importante tener en cuenta los costos operativos y de mantenimiento que requiere el equipo, además del importante costo de inversión que significa.

A partir del análisis desarrollado se concluye que la alternativa que presenta una mejor relación entre costo y beneficio es la transpaleta hidráulica manual, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos básicos de manipulación y transporte exigidos. Además, es necesario mencionar que Quanta dispone de un equipo de transporte de este tipo actualmente, empleado en la empresa en distintas circunstancias, que podría ser debidamente utilizado con el fin requerido en el sector de molienda, siendo su capacidad de carga de 2500 [kg].

Se debe destacar que los precios presentados corresponden a maquinaria nueva. Se podría recurrir a equipos usados, como en el caso del autoelevador, que reducirán notablemente la inversión. De todas formas la selección final de la alternativa será dispuesta por la empresa en función de los beneficios actuales y futuros que le pueda aportar la adquisición de maquinaria de este tipo y de la inversión que se desee realizar.

## 6 Resumen de alternativas seleccionadas

En este último capítulo del anteproyecto, se realizará un resumen de las alternativas seleccionadas para suplir algunas de las problemáticas mencionadas, con el fin de exponer las soluciones adoptadas de manera clara y concisa. A continuación se presenta una tabla con la mismas:

*Tabla 12. Resumen de alternativas seleccionadas*

<b>Sistema</b>	<b>Alternativa seleccionada</b>
Alimentación del molino a martillos	Cinta transportadora I
Alimentación del molino a cuchillas	Cinta transportadora II
Lavado del material	Tanque de lavado con sistema de palas rotativas
Extracción del material	Transportador a cangilones
Almacenamiento del material	Bolsones big bags

## **PROYECTO**

---

---

Luego de la culminación de la etapa del “anteproyecto”, habiéndose presentado y definido debidamente los lineamientos del proyecto de final de carrera, se procede a llevar a cabo el desarrollo en profundidad del mismo, en la presente etapa denominada simplemente como “proyecto”.

Esta etapa cuenta, en primer lugar, con una memoria que describe en detalle el proceso productivo proyectado, presentando en profundidad los distintos parámetros y maquinarias que intervienen en el mismo. Luego de esto se expone una memoria que detalla los cálculos y diseños llevados a cabo para la fabricación y/o modificación de la totalidad de los equipos del sector de molienda de Quanta, que formarán parte del proceso productivo.

Una vez determinados concretamente los equipos intervinientes, se precisa la disposición más adecuada de los mismos, dentro del sector de la empresa. Luego, con la ubicación definida de cada máquina, se desarrollan debidamente los cálculos y diseños pertenecientes a la instalación eléctrica proyectada.

Seguidamente se lleva a cabo el cómputo del total de los materiales requeridos para concretar el proyecto, teniendo en cuenta las características específicas de los mismos. Una vez definidos los materiales necesarios, se elaboran los presupuestos correspondientes. A continuación, se detalla un cronograma de actividades y tareas a llevar a cabo para la realización y puesta en marcha del proyecto desarrollado.

Finalmente, mediante el uso de la información brindada por las etapas anteriores, se efectúa un análisis económico y financiero.

Es necesario mencionar que mediante la etapa de proyecto se confeccionarán los diferentes planos correspondientes a la línea de

producción proyectada. Estos planos serán dispuestos posteriormente en la etapa “Anexos” y demás documentos relevantes.

A continuación, a modo orientativo, se exponen los capítulos con los que cuenta el anteproyecto:

- 1 Memoria descriptiva
- 2 Memoria de cálculo y diseño
- 3 Layout
- 4 Instalación eléctrica
- 5 Cómputo de materiales
- 6 Presupuestos
- 7 Cronograma
- 8 Análisis económico y financiero

# 1 Memoria descriptiva

En el presente capítulo se llevará a cabo una exposición del proceso proyectado, así como también se realizará una descripción de los equipos actuales que formarán parte del mismo. Finalmente se efectuará un análisis con el fin de determinar datos necesarios para, posteriormente, llevar a cabo el cálculo y diseño de la nueva maquinaria necesaria para el proceso proyectado.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 1.1 Descripción del proceso proyectado
- 1.2 Descripción de máquinas intervinientes
- 1.3 Capacidad general del proceso

## 1.1 Descripción del proceso proyectado

A continuación realizaremos una descripción global del nuevo proceso de molienda definido y los equipos implicados en el mismo.

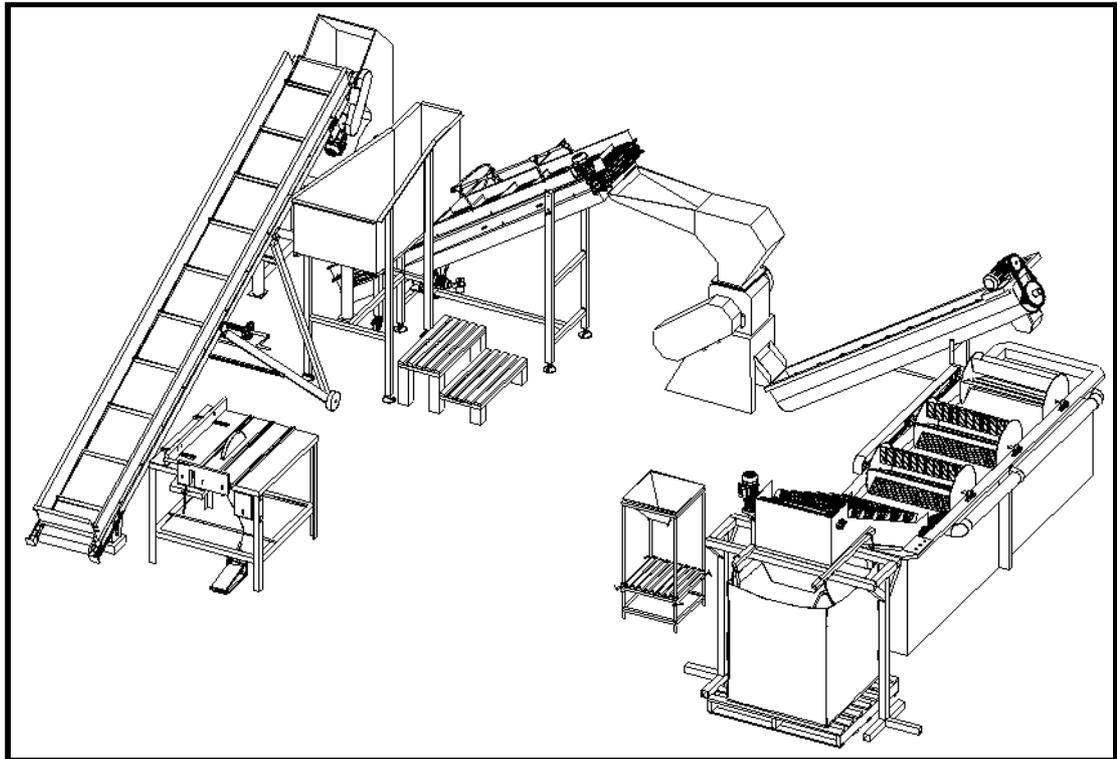


Figura 30. Proceso productivo proyectado (modelo realizado en "SolidWorks")

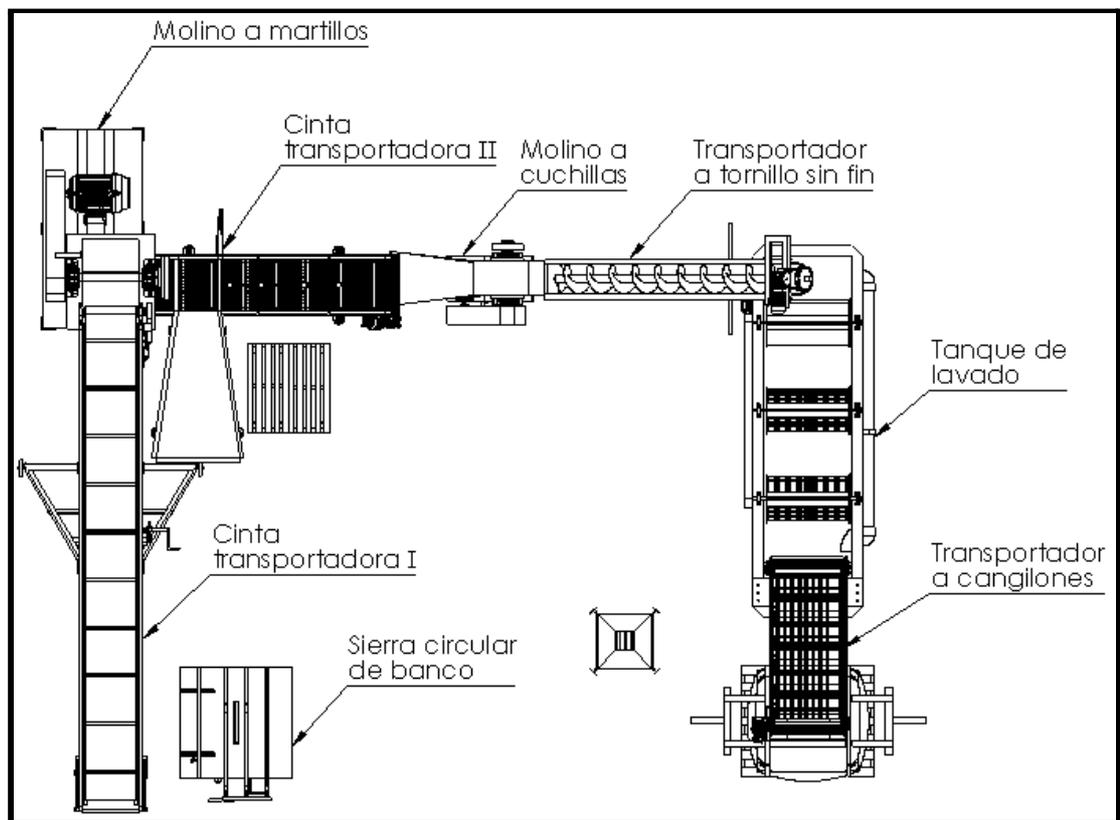


Figura 31. Esquema general, vista superior (modelo realizado en "SolidWorks")

El punto de inicio del proceso dependerá fundamentalmente de las dimensiones de la materia prima a moler. Es necesario entonces realizar una previa clasificación de los materiales actualmente procesados, según su tamaño. Además, dicha clasificación puede ser utilizada como parámetro en el caso de incluir nuevos elementos reciclables a la línea de producción.

- Material de gran tamaño: son los materiales que deben ser previamente recortados para disminuir su tamaño y permitir su procesamiento por la primera etapa de molienda. Por ejemplo: baldes de pintura, baldes de helado, jaulas de pollo, sillas, etc.
- Material de tamaño mediano: estos pueden ingresar en la primera etapa de molienda sin la necesidad de ser recortados anteriormente. Por ejemplo: elementos de bazar, pequeños baldes, etc.
- Material de tamaño pequeño: son aquellos que no requieren una primera etapa de molienda e inician su procesamiento en la segunda y última de éstas. Por ejemplo: tapas de bidones de agua, tapas de botellas, precintos, vasos de yogurt, etc.

El proceso de molienda se llevará a cabo de manera completa cuando la materia prima presente las características necesarias, para ser considerada de *gran tamaño*. El primer equipo interviniente es la sierra circular de banco, utilizada para recortar el material en dos o más trozos, según se requiera, para obtener material de tamaño medio.

Los elementos que puedan ser considerados aptos para ingresar a la primera etapa de molienda, es decir, la materia prima inicialmente clasificada como *tamaño mediano* o el material ya procesado en la sierra circular, serán cargados manualmente en la cinta transportadora I, dentro de la zona de alimentación de la misma.

El material, descrito anteriormente, será conducido por la banda de transporte hacia la boca de entrada del molino a martillos, ingresando de esta forma al interior del mismo, llevándose a cabo entonces, la primera etapa de molienda.

El plástico completamente procesado por el molino a martillos será conducido, por medio de una rampa ubicada en la zona inferior del mismo, hacia la entrada de la cinta transportadora II.

La banda de transporte será la encargada de trasladar el material a la zona de carga del molino a cuchillas. Dicho material provendrá de la primera etapa de molienda o de la carga directa, cuando el mismo cumpla las condiciones para ser considerado de *tamaño pequeño*. Este último caso será especificado en detalle al final del apartado.

Una vez finalizada la etapa de molienda en el molino a cuchillas, el material procesado sale por una rampa hacia la entrada del transportador de tornillo sin fin. El mismo se encarga de trasladar el plástico molido a una etapa de lavado.

La limpieza del material es llevada a cabo por el tanque de lavado provisto con palas rotativas. Al final del tanque en cuestión, se encuentra ubicado un transportador a cangilones que retira el plástico molido ya limpio y lo conduce a la zona de carga de bolsones big bags, utilizados para el almacenamiento final del material completamente procesado.

Los bolsones big bags estarán dispuestos sobre pallets de madera que serán manipulados mediante el uso de transpaleta. Luego de esto, el material será transportado hacia el depósito donde se ubicará para finalizar su secado a la intemperie, donde posteriormente será recubierto con material impermeable para protegerlo de las precipitaciones, principalmente.

En cuanto al caso de procesar material de *tamaño pequeño*, previo a realizar la alimentación del molino a cuchillas mediante la cinta transportadora II, es necesario efectuar un proceso de separación de componentes metálicos u otros elementos no deseados con el fin de evitar posibles inconvenientes posteriores. Este proceso será realizado utilizando el tanque de lavado durante turnos alternativos, es decir, cuando la línea de producción no se encuentre operando. Al final del transportador a cangilones se dispondrá de un soporte de carga, que permite el fraccionamiento en bolsas u otros contenedores aptos para ser fácilmente manipulados y transportados hacia la cinta transportadora II, a su vez, estos envases posibilitan realizar la carga de forma manual.

## **1.2 Descripción de máquinas intervinientes**

En este apartado se describen en detalle las máquinas actualmente en funcionamiento en el sector que serán implementadas, de igual forma, en el proceso proyectado. Los equipos restantes serán diseñados, calculados y descritos posteriormente en las secciones correspondientes. Este procedimiento también será realizado para equipos que solo requieran modificaciones.

### **1.2.1 Sierra circular de banco**

La sierra circular es la herramienta utilizada con el fin de disminuir el tamaño de la materia prima que lo requiera, para posibilitar el procesamiento en el molino a martillos. La misma está dispuesta en un banco de acero, construido en la empresa, que cuenta con regulación de la altura del disco de corte.



Figura 32. Vista de la sierra circular de banco

Partes principales:

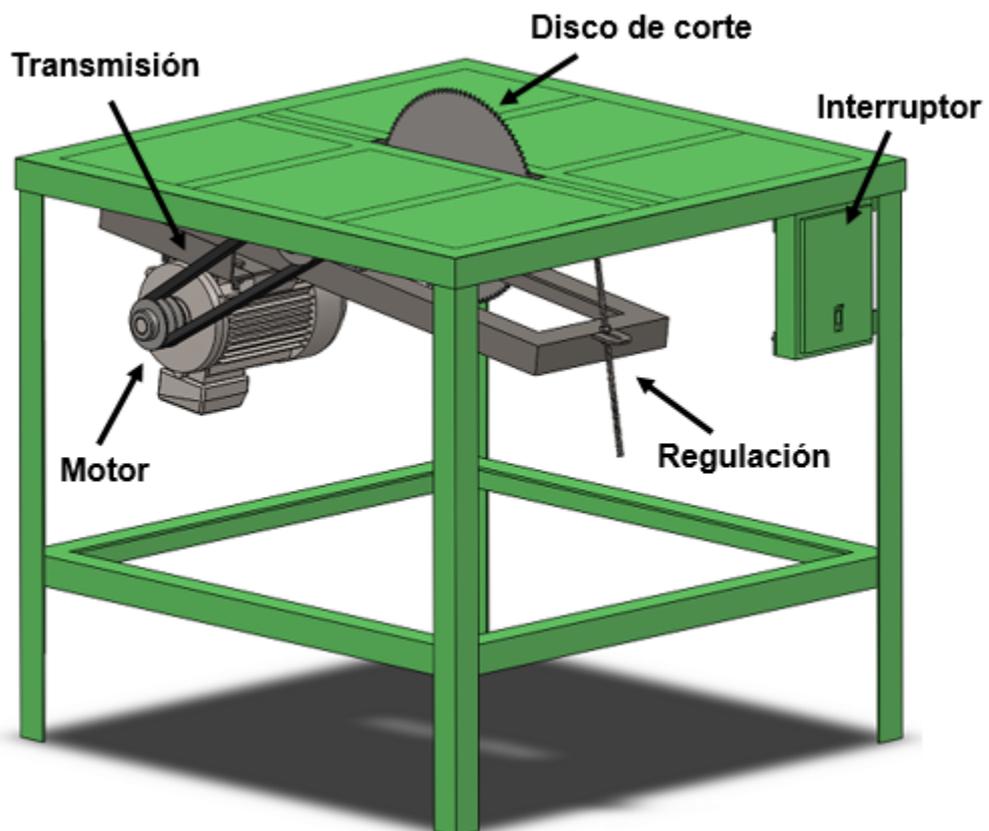


Figura 33. Principales partes de la sierra (modelo realizado en "SolidWorks")

Principio de funcionamiento:

La sierra circular es una máquina utilizada para aserrar longitudinal o transversalmente distintos tipos de materiales. Está dotada de un motor eléctrico que, mediante una transmisión por correas y poleas (Figura 34), hace girar a gran velocidad un disco de corte. El mismo se encuentra montado fijo en un eje, que a su vez es soportado por rodamientos.



*Figura 34. Motor y transmisión*

El equipo en cuestión cuenta con un disco adecuado para materiales plásticos. Además, a partir de un tornillo y tuercas (Figura 35), se puede variar la altura del disco con respecto al plano de la mesa, lo que permite una regulación de la altura de corte.



*Figura 35. Mecanismo de regulación*

Datos técnicos:

Tabla 13. Datos técnicos de la sierra circular de banco

Sierra circular de banco		
Características		Datos
Motor	Potencia	4 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Corriente nominal	11,1 / 6,4 [A]
	Factor de potencia	0,85
	Velocidad angular	2895 [rpm]
Transmisión	Correas	Cantidad 2. Sección en V
	Polea conductora	Diámetro 85 [mm]
	Polea conducida	Diámetro 110 [mm]
	Relación	22:17
Disco de corte	Diámetro	335 [mm]
	Espesor	4 [mm]
General	Velocidad angular	2237 [rpm]
	Dimensión de la mesa	1x1 [m]

### 1.2.2 Molino a martillos

El molino a martillos es el equipo de mayor potencia y capacidad empleado en el sector. Como ya se mencionó, lleva a cabo la primera etapa de molienda. Es capaz de procesar material de tamaño mediano y reducirlo a un tamaño considerado pequeño, apto para ser procesado en la segunda etapa de molienda.



Figura 36. Vista lateral y frontal del molino a martillos

Partes principales:

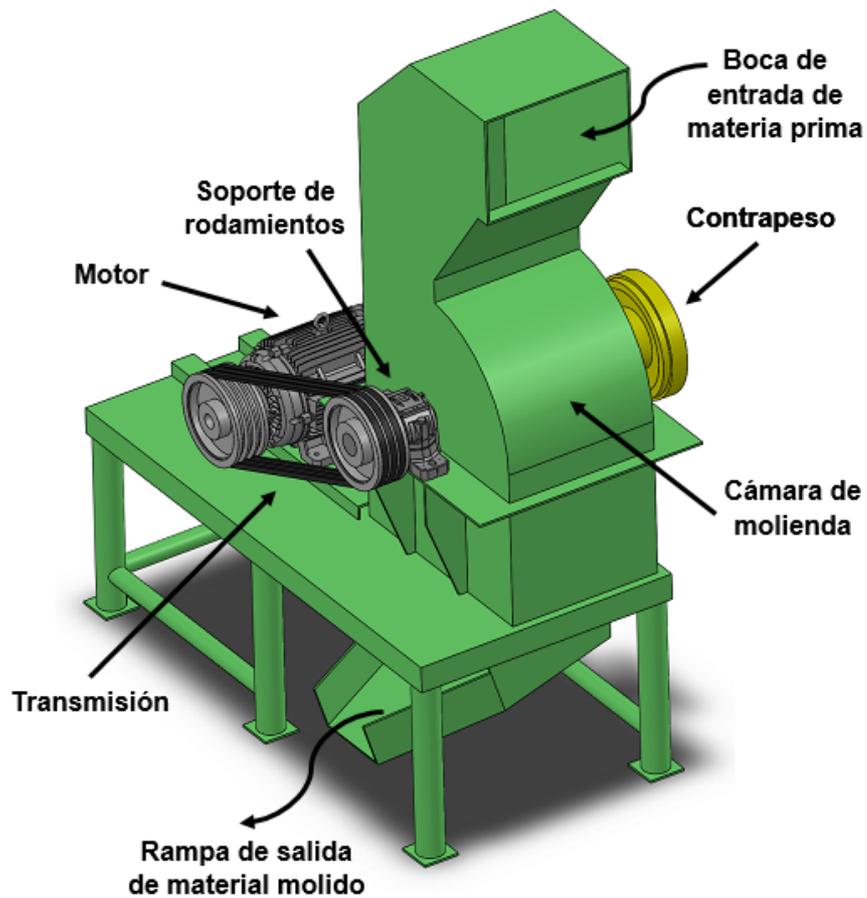


Figura 37. Partes del molino a martillos (modelo realizado en "SolidWorks")

Principio de funcionamiento:

Inicialmente la materia prima ingresa por la parte superior del equipo y desciende debido a la gravedad hasta llegar a la cámara de molienda (Figura 38). Dentro de esta cámara se encuentra ubicado el rotor, que está compuesto por el eje principal del molino, asentado sobre rodamientos. Además, cuenta con discos que sirven de apoyo a los pernos donde pendulan los martillos. Los mismos son placas de material duro, que oscilan libres sobre dichos pernos.



*Figura 38. Interior de la cámara de molienda del molino a martillos*

La trituración del material ocurre debido a la acción generada por la rotación del rotor. El plástico es golpeado repetidamente por el movimiento de las aspas-martillo, aplicando sobre el material una primera etapa de rotura.

Por último, el plástico se deposita sobre una criba o tamiz ajustado a la zona envolvente del movimiento de las aspas-martillo, donde se aplica una segunda etapa de rotura por cizalladura. El producto atraviesa los orificios del tamiz y abandona la cámara de molienda luego de alcanzar un tamaño adecuado. Dicho tamaño se encuentra determinado por las dimensiones de las perforaciones de la criba (Figura 39), en este caso el diámetro de las mismas es de 80 [mm]. Se utilizan además segmentos de barra soldados

diametralmente, de sección cuadrada de 13 [mm], con el fin de reducir la perforación de la criba y obtener material molido de menor tamaño.



Figura 39. Criba o tamiz del molino a martillos

Datos técnicos:

Tabla 14. Datos técnicos del molino a martillos

Molino a martillos		
Características		Datos
Motor	Potencia	30 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	380 / 660 [V]
	Corriente nominal	44 / 25,5 [A]
	Factor de potencia	0,84
	Velocidad angular	1460 [rpm]
Transmisión	Correas	Cantidad 3. Sección en V, C-93
General	Altura de alimentación	2200 [mm]
	Altura de descarga	300 [mm]
	Diámetro de criba	80 [mm]
	Número de martillos	48

Para mayores detalles dimensionales se puede observar el Anexo A-17 donde se encuentra el plano del equipo.

### 1.2.3 Molino a cuchillas

El molino a cuchillas es el equipo empleado en el sector para realizar la segunda etapa o etapa final de molienda. En este caso el mismo tritura trozos de plástico de tamaño pequeño hasta lograr gránulos de un tamaño muy reducido e irregular, aptos para ser utilizados y moldeados en las inyectoras.



*Figura 40. Vista lateral y frontal del molino a cuchillas*

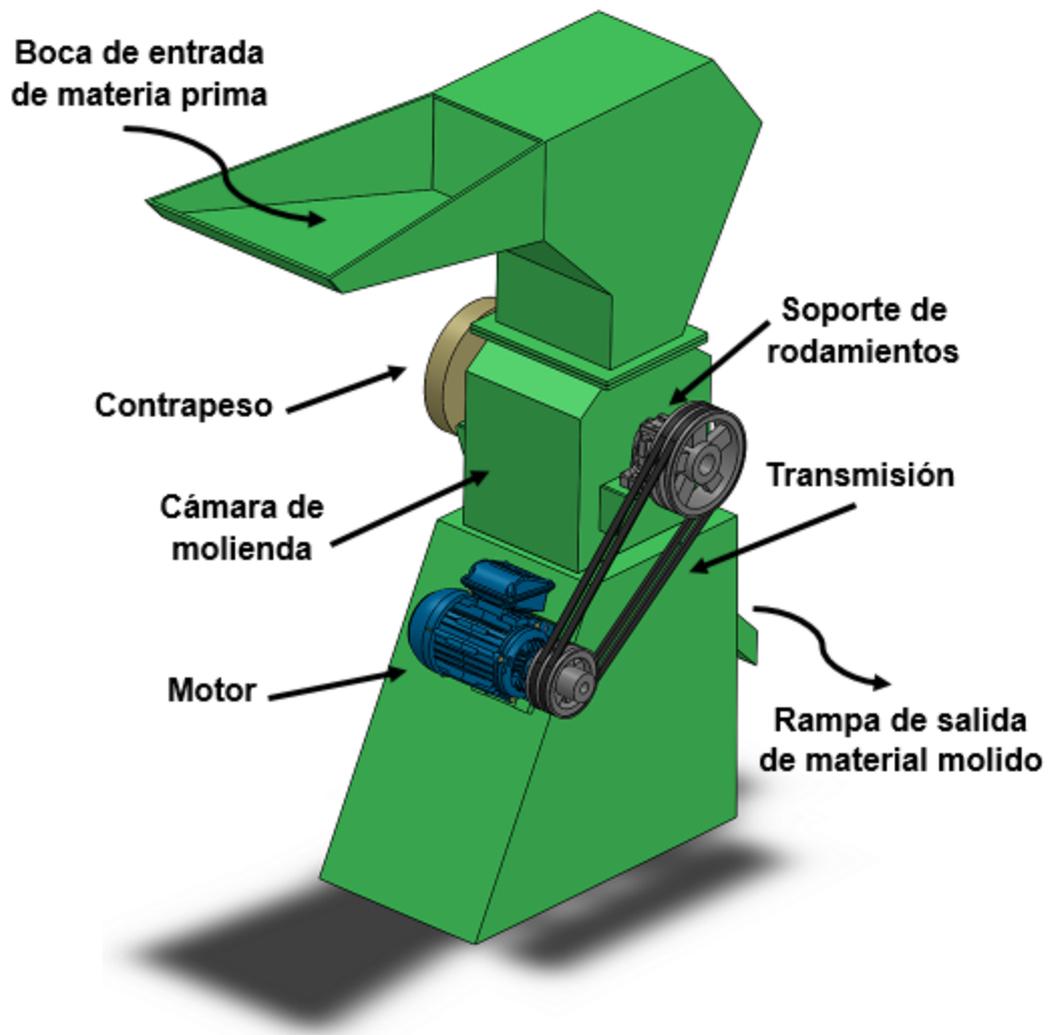
Partes principales:

Figura 41. Principales partes del molino (modelo realizado en "SolidWorks")

Principio de funcionamiento:

Al igual que en el molino a martillos el material ingresa por la parte superior en la boca de entrada y desciende, a causa de la gravedad, hasta llegar a la cámara de molienda (Figura 42). Allí se encuentra un rotor con varias cuchillas incorporadas, el conjunto gira accionado por un motor que transmite su potencia y rotación.



*Figura 42. Interior de la cámara de molienda del molino a cuchillas*

El producto es triturado por los esfuerzos de corte y cizallamiento efectuados por las cuchillas. De acuerdo al tamaño de las cuchillas y la criba (Figura 43) se determina el tamaño final de los polímeros procesados, en este equipo el tamiz presenta perforaciones de 8 [mm] de diámetro. Una vez alcanzadas las dimensiones necesarias para atravesar la criba, el material desciende a través de la rampa de descarga.



*Figura 43. Criba o tamiz del molino a cuchillas*

Datos técnicos:

Tabla 15. Datos técnicos del molino a cuchillas

Molino a cuchillas		
Características		Datos
Motor	Potencia	12,5 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	380 / 660 [V]
	Corriente nominal	18,5 / 10,7 [A]
	Factor de potencia	0,82
	Velocidad angular	2880 [rpm]
Transmisión	Correas	Cantidad 2. Sección en V, B-68
General	Altura de alimentación	1720 [mm]
	Altura de descarga	350 [mm]
	Diámetro de criba	8 [mm]
	Número de cuchillas	3 móviles, 1 fija

Para mayores detalles dimensionales se puede observar el Anexo A-30 donde se encuentra el plano del equipo.

### 1.2.4 Transportador de tornillo sin fin

Es el transportador actualmente en funcionamiento, utilizado para conducir el material procesado por el molino a cuchillas hacia el sistema de lavado.



Figura 44. Vista lateral y superior del transportador de tornillo sin fin

Partes principales:

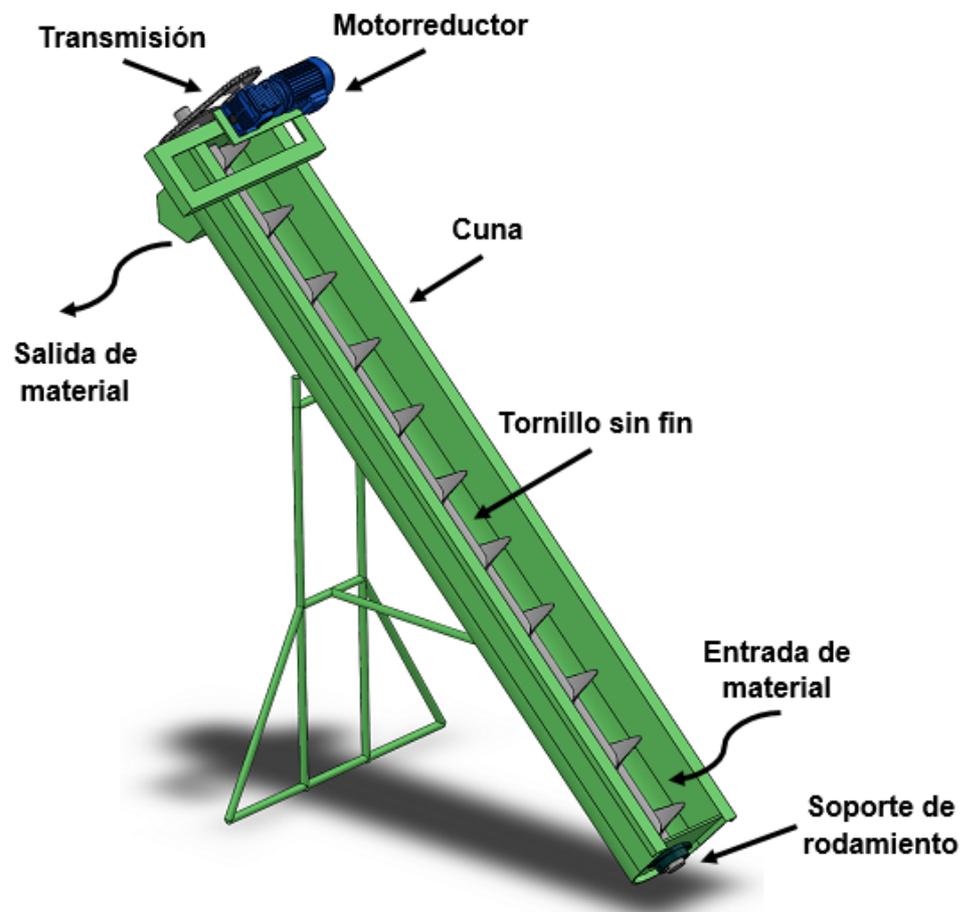


Figura 45. Principales partes del transportador (modelo realizado en "SolidWorks")

Principio de funcionamiento:

Los transportadores a tornillo sin fin son equipos que se basan en el principio de funcionamiento del tornillo de Arquímedes. El elemento transportador es un metal plano moldeado en forma helicoidal (hélice de tornillo sin fin). Este rota alrededor del eje longitudinal y transporta el material a granel en un tubo en reposo (cuna) en dirección axial, que a su vez sirve como elemento portante.

La rotación es impulsada por el motor del equipo que posee un reductor de velocidad angular del tipo tornillo sin fin y corona. A su vez dicho reductor transmite su movimiento, por medio del conjunto de ruedas dentadas y cadena, hacia el eje del tornillo sin fin. A continuación se puede ver una imagen (Figura 46) del conjunto de potencia y transmisión en funcionamiento, mientras se transporta tapas molidas, de bidones de agua.



*Figura 46. Detalle del conjunto motriz en funcionamiento*

Datos técnicos:

Tabla 16. Datos técnicos del transportador de tornillo sin fin

Transportador de tornillo sin fin		
Características		Datos
Motor	Potencia	1 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Corriente nominal	3,6 / 2,1 [A]
	Factor de potencia	0,74
	Velocidad angular	1400 [rpm]
Reductor	Tipo	Tornillo sin fin y corona
	Relación	10:1
Transmisión	Cadena	ASA 50
	Piñón motriz	25 dientes
	Piñón conducido	40 dientes
	Relación	8:5
General	Velocidad angular	87,5 [rpm]
	Diámetro de hélice	250 [mm]
	Paso	250 [mm]
	Longitud total	2700 [mm]

Para mayores detalles dimensionales se puede observar el Anexo A-31 donde se encuentra el plano del equipo.

## **1.3 Capacidad general del proceso**

Previamente a proceder con el cálculo y diseño de los equipos correspondientes, se debe determinar un parámetro de vital importancia, la capacidad general del proceso. Para esto es necesario, en primer lugar, definir cuál es el molino que limita la velocidad productiva, es decir, el equipo que ralentiza la producción en el sector, denominado en la industria como el cuello de botella del proceso productivo.

Ambos molinos son equipos de muchos años, que poseen distintas intervenciones realizadas a lo largo del tiempo y que cuentan con pocos registros técnicos de relevancia, como la capacidad de producción. Al no poder conocer este valor de fábrica, se puede realizar un estimado teniendo en consideración las principales características de la máquina. Sin embargo, se pueden obtener resultados más certeros y fiables llevando a cabo un estudio de los tiempos productivos de los equipos, trabajando normalmente.

Con lo expuesto en el párrafo anterior, se llevaron a cabo visitas a la empresa, Quanta Reciclaje, con el fin de relevar valores significativos de los molinos en funcionamiento y de esta manera determinar la capacidad nominal de producción de cada uno.

### **1.3.1 Capacidad del molino a martillos**

Durante la jornada laboral estudiada, el operario alimentó el molino en cuestión con baldes de polipropileno (PP) que eran utilizados para contener pintura al agua. Como ya se mencionó anteriormente, la carga del molino a martillos se realiza en altura sobre una tarima, en donde previamente el operario ubica los baldes a procesar.



Figura 47. Alimentación del molino a martillos

Para el estudio solo se tuvo en cuenta el procesamiento de baldes de 20 [l], ya que también se molieron baldes de volúmenes inferiores. Mediante las mediciones realizadas se obtuvo la siguiente información:

- Peso balde de 20 [l] (con manija y sin tapa): 0,87 [kg]
- Tiempo establecido: 60 [s]
- Cantidad de baldes promedio, procesados: 5

Con los datos expuestos es posible determinar la capacidad de producción del molino a martillos de la siguiente manera:

$$Q = \frac{5 * 0,87 [kg]}{60 [s]} * \frac{3600 [s]}{1 [h]} = 261 [kg/h] \rightarrow \mathbf{Q = 250 [kg/h]}$$

Es necesario aclarar que la capacidad de producción del molino depende de diversos factores, principalmente el tipo de materia prima a moler. Por lo tanto, el valor obtenido puede presentar variaciones, es por esto que se considera una capacidad de 250 [kg/h].

### 1.3.2 Capacidad del molino a cuchillas

En este caso, en la jornada laboral considerada para el estudio, se procesaron, en el molino a cuchillas, tapas de bidones de agua de polietileno de alta densidad (PEAD).

El operario realizó el circuito de tareas para la producción, el cual consiste en un lavado previo de la materia prima en la pileta de decantación y la posterior alimentación del molino utilizando baldes perforados, cargados con materia prima, en este caso tapas de bidones de agua.



*Figura 48. Alimentación del molino a cuchillas*

Mediante el peso de carga de cada balde, la cantidad de baldes suministrados y los tiempos de producción, se logró determinar la capacidad general del molino a cuchillas. Luego de realizar diferentes mediciones, se obtuvieron los siguientes valores promedio:

- Peso de carga por balde: 0,96 [kg]

- Cantidad de baldes por circuito: 3
- Tiempo empleado: 2 [min] y 25 [s]

Conociendo los datos expuestos, se puede determinar la capacidad de la siguiente manera:

$$Q = \frac{3 * 0,96 [kg]}{60 * 2 + 25 [s]} * \frac{3600 [s]}{[h]} = 71,50 [kg/h] \rightarrow \mathbf{Q = 70 [kg/h]}$$

Al igual que en el molino a martillos, debemos considerar que la capacidad de producción depende principalmente del tipo de material que se procesa.

### 1.3.3 Análisis y definición de la capacidad general

Comparando los resultados obtenidos en ambos equipos con molinos de características similares en el mercado, se puede concluir que los valores de capacidad definidos son acertados.

Como se podía observar a priori, teniendo en cuenta tamaño y potencia, entre otros, el molino a cuchillas tiene una capacidad de producción muy inferior al molino a martillos, por lo que el mismo debe ser considerado el cuello de botella del sector.

Por definición la capacidad productiva del proceso global, estará limitada por el molino a cuchillas, debiéndose considerar esta capacidad como la general del sector. Sin embargo, teniendo en cuenta la posibilidad de que el molino mencionado sea sustituido en un futuro, por un equipo más eficiente, o que bajo ciertas circunstancias el mismo pueda operar a mayor velocidad, se decide definir la capacidad general del proceso en 100 [kg/h], con el fin de contar con un margen que considere lo anteriormente expuesto y asegurar un funcionamiento correcto en los demás equipos intervinientes en el sector.

## 2 Memoria de cálculo y diseño

En el presente capítulo se llevan a cabo los cálculos y diseños correspondientes a los equipos que intervienen en el proceso productivo proyectado, así también como las modificaciones necesarias, según corresponda. Dichos diseños están orientados principalmente a los aspectos funcionales de la maquinaria.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 2.1 Cinta transportadora I
- 2.2 Cinta transportadora II
- 2.3 Tanque de lavado
- 2.4 Modificaciones de equipos

### 2.1 Cinta transportadora I

Para llevar a cabo el desarrollo técnico de la cinta transportadora, destinada a alimentar el molino a martillos, se realiza una descripción en detalle de la estructura y los elementos ya disponibles. Estos parámetros son necesarios para adaptar el procedimiento de cálculo y diseño.

Datos de partida:

- Transporte inclinado: ángulo aproximado de  $25^\circ$
- Distancia entre ejes de tambores: 5 [m]
- Dimensiones de tambores: largo 490 [mm], diámetro 90 [mm]
- Peso de tambores: 4,84 [kg]
- Ancho de mesa: 500 [mm]
- Altura de elevación final: 2,20 [m]

### 2.1.1 Cálculo, selección y diseño técnico

En primer lugar es necesario determinar la fuerza tangencial motriz. La misma se expresa con diferentes ecuaciones según el tipo de transporte, en nuestro caso es un transporte deslizante inclinado (de marcha sobre mesa) y su expresión tiene la siguiente forma:

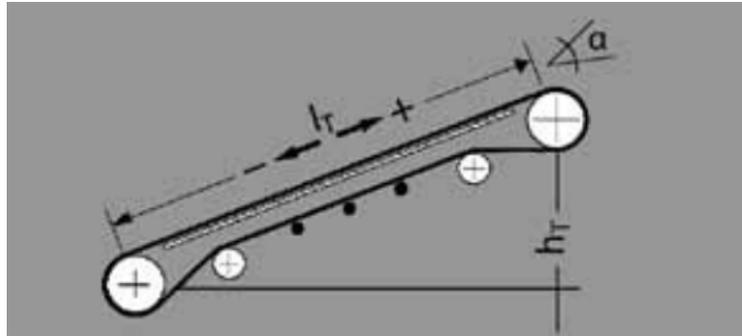


Figura 49. Disposición de transporte deslizante inclinado

$$F_U = \mu_T * g * (m + \frac{m_B}{2}) + \mu_R * g * (\frac{m_B}{2} + m_R) + g * m * \text{sen}(\alpha) \quad (I)$$

Donde:  $F_U$ : Fuerza tangencial motriz

$g$ : Gravedad

$m$ : Masa del material transportado

$m_B$ : Masa de la banda transportadora

$m_R$ : Masa de todos los tambores (excepto el tambor motriz)

$\mu_T$ : Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa

$\mu_R$ : Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo

$\alpha$ : Ángulo de inclinación de la cinta

Se debe aclarar que no se utilizará estación de rodillos.

**Cálculo de la velocidad:**

Para definir la velocidad de la cinta transportadora se tiene en cuenta la capacidad del molino a martillos determinada previamente.

Se requiere que la banda transportadora posea perfiles (palas de arrastre) para lograr un correcto desplazamiento del material a procesar, ya que el mismo es presentado en forma de bultos que pueden deslizarse hacia la zona inferior del transportador. Los mismos estarán dispuestos con una separación de 500 [mm] entre sí, obteniéndose un total de 20 perfiles a lo largo de toda la banda transportadora.

Para el análisis se considera el caso, antes estudiado (ver Sección 1.3.1), del procesamiento de baldes de 20 [l]. Debemos considerar que los mismos serán divididos previamente en la sierra circular de banco, con el fin de facilitar su ingreso al molino a martillos y su posterior trituración.

Sabiendo que el tiempo obtenido es de 12 [s] entre la carga de dos baldes consecutivos en el molino y considerando que cada pala de arrastre transportará medio balde, es necesario que cada una se desplace 500 [mm] en 6 [s]. Por lo tanto:

$$v = \frac{0,5 [m]}{6 [s]} = 0,083 [m/s]$$

Se adopta entonces una velocidad de 0,1 [m/s] con el fin de asegurar un funcionamiento óptimo y disponer de un margen de velocidad.

**Selección de la banda transportadora:**

Para la selección de la banda transportadora, se hace uso del catálogo de la marca “Siegling Transilon” de “Forbo”. Se consideró que la misma cumpla con diferentes aspectos necesarios como transporte inclinado, que su cara superior sea apta para perfiles (palas de arrastre) y para el tipo de

aplicación. Sabiendo que las solicitaciones a las cuales estará sometida son de valores reducidos, se optó por seleccionar la banda más económica.

La banda seleccionada tiene la designación: E 5/2 0/V4 GSTR

Los perfiles seleccionados se denominan: T60

<b>construcción</b>		<b>E 5/2 0/V4 GSTR negro</b>
Material de la superficie superior	Cloruro de polivinilo	
Estructura de la superficie	Textura gruesa, repujado rodillos	
espesor del revestimiento	0,4 mm / 0,016 in	
Color	negro	
Material de la superficie de conducción	tejido de poliéster	
Estructura de la superficie	tela	
Color	blanco	
Material del miembro de tensión	Tela flexible lateralmente de urdimbre de poliéster y trama	
Número de capas de tela	2	
Superficie de conducción de tejido	Tejido llano	
<b>datos técnicos</b>		
El espesor total	2,2 mm ± 0,15 0,087 in ± 0,006	
peso	2,25 kg/m <sup>2</sup> ± 0,2 0,461 lbs/ft <sup>2</sup> ± 0,041	
<b>observaciones</b>		
transporte inclinado	sí	
Perfiles en cara superior	a solicitud	
Transporte general	Máquinas de embalaje	

Figura 50. Información técnica de la banda transportadora ("Siegling Transilon")

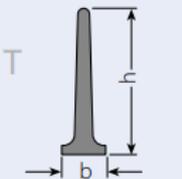
	Perfiles de uretano		
	Designación	Dimensiones b x h x (s) [mm]	Peso aprox. [g/m]
	T 60	12 x 60	280

Figura 51. Información técnica de los perfiles ("Siegling Transilon")

**Determinación de la masa de la banda:**

En primer lugar definimos la longitud de la banda teniendo en cuenta la distancia entre ejes y el perímetro de los rodillos:

$$L_{banda} = 5 [m] * 2 + \pi * 0,09 [m] = 10,28 [m]$$

Establecimos el ancho de la banda en 450 [mm] dejando un margen de 2,5 [mm] a cada lado de los tambores. Sabiendo que la misma posee un peso por unidad de superficie de 2,25 [kg/m<sup>2</sup>], podemos calcular su masa total:

$$m_{banda} = 2,25 [kg/m^2] * 0,45 [m] * 10,28 [m] = 10,41 [kg]$$

A continuación determinamos la masa total de los perfiles. Como ya se mencionó se cuenta con 20 perfiles de arrastre en total, los cuales poseen un peso por unidad de longitud de 0,28 [kg/m]. Por lo tanto:

$$m_{perfiles} = 20 * 0,28 [kg/m] * 0,45 [m] = 2,52 [kg]$$

Podemos definir entonces el peso total:

$$m_B = m_{banda} + m_{perfiles}$$

$$m_B = 10,41 [kg] + 2,52 [kg] = 12,93 [kg]$$

**Determinación de la masa del material transportado:**

Para determinar la masa total de la carga transportada se tiene en cuenta, nuevamente, el caso anteriormente considerado para el cálculo de la velocidad, en donde se transportan baldes de 20 [l] divididos a la mitad.

Considerando que cada pala de arrastre transporta un medio balde y que hay disponible un máximo de 10, se tendrá en cuenta una carga de 10 medios baldes en toda la cinta transportadora. Siendo el peso de los baldes 0,87 [kg], se calcula la masa total de la carga:

$$m = 10 * \frac{0,87 [kg]}{2} = 4,35 [kg]$$

**Determinación de los coeficientes de fricción:**

El catálogo utilizado provee una tabla (Figura 52) de coeficientes de fricción según el recubrimiento en contacto con la mesa y los rodillos (en nuestro caso, solo el tambor de reenvío).

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
$\mu_T$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_R$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{ST}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Figura 52. Coeficientes de fricción (“Siegling Transilon”)

**Cálculo de la fuerza tangencial motriz:**

Se reemplaza la ecuación (1) con los valores determinados:

$$F_U = 0,33 * 9,81 * (4,35 + \frac{12,93}{2}) + 0,033 * 9,81 * (\frac{12,93}{2} + 4,84) + 9,81 * 4,35 * \text{sen}(25)$$

$$F_U = 56,71 [N]$$

**Verificación de la banda seleccionada:**

En primer lugar, determinaremos la fuerza de tracción máxima aplicada a la banda para verificar que sea menor a la fuerza de ruptura de la misma, este último dato es brindado por el catálogo del fabricante.

La fuerza de tracción máxima posee la siguiente expresión:

$$F_1 = F_u * C_1 \tag{II}$$

Donde:  $F_1$ : Fuerza de tracción máxima

$C_1$ : Factor

Ingresando a la tabla (Figura 53) provista por el fabricante para recubrimiento de la cara inferior 0, ángulo de contacto 180° y tambor con recubrimiento de fricción seco (situación más similar a la real), se obtiene el factor “ $C_1$ ”.

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	0, U0, NOVO, E0, A0, T, P			TX0 (AmpMiser)		
Ángulo de contacto $\beta$	180°	210°	240°	180°	210°	240°
<b>Tambor de acero liso</b>						
Seco	2,1	1,9	1,7	2,9	2,6	2,3
Mojado	No recomendable			No recomendable		
<b>Tambor con forro de fricción</b>						
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5
Mojado	2,1	1,9	1,7	No recomendable		

Figura 53. Factor  $C_1$  (“Siegling Transilon”)

Reemplazando los valores, en la ecuación (II), obtenemos:

$$F_1 = 56,71 [N] * 1,5 = 85,06 [N]$$

Finalmente, se realiza la siguiente comparación para determinar si la banda verifica:

$$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 \tag{III}$$

Donde:  $b_0$ : Ancho de la banda

$C_2$ : Elongación de servicio máxima permitida

Siendo:  $C_2 = \varepsilon_{max} * k_{1\%}$

Los valores necesarios para determinar “ $C_2$ ” son obtenidos de la ficha técnica de la banda seleccionada. El valor de la elongación en el máximo ajuste ( $\varepsilon_{max}$ ) es de 1% y la tracción efectiva al 1% de alargamiento ( $k_{1\%}$ ) es de 4 [N/mm].

$$C_2 = 1 * 4 [N/mm] = 4 [N/mm]$$

Realizamos entonces la verificación, reemplazando los valores en la ecuación (III):

$$\frac{85,06 [N]}{450 [mm]} \leq 4 [N/mm]$$

$$0,19 [N/mm] \leq 4 [N/mm] \rightarrow \text{Verifica}$$

#### **Verificación del diámetro mínimo del tambor motriz:**

Se debe determinar el diámetro mínimo requerido del tambor motriz, para verificar que el mismo sea capaz de transmitir los esfuerzos hacia la banda transportadora, sin que se produzca un deslizamiento. Dicho diámetro se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$d_A = \frac{F_U * C_3 * 180}{b_0 * \beta} \quad (IV)$$

Donde:  $C_3$ : Factor

$\beta$ : Ángulo de contacto en el tambor motriz

A continuación determinamos por medio de tabla (Figura 54) el factor “ $C_3$ ”.

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
<b>Tambor de acero liso</b>			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
<b>Tambor con forro de fricción</b>			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

Figura 54. Factor  $C_3$  (“Siegling Transilon”)

Procedemos a reemplazar los valores obtenidos en la expresión (IV):

$$d_A = \frac{127,36 [N] * 30 * 180}{450 [mm] * 180^\circ} = 8,49 [mm] \rightarrow \text{Verifica}$$

Siendo el diámetro del tambor motriz 90 [mm], se verifica de manera considerable debido a que la fuerza tangencial motriz tiene un valor reducido, lo que implica una superficie de contacto pequeña.

Cabe aclarar que la banda también requiere un diámetro mínimo de tambor para soportar las sollicitaciones de flexión de la misma, esto permite además evitar daños en la zona de empalme. Dicho valor es brindado por el fabricante en la respectiva ficha técnica de la banda, el mismo es de 40 [mm] por lo que también se verifica con respecto al disponible.

**Cálculo de la potencia mecánica en el tambor motriz:**

Finalmente, se determina la potencia mecánica necesaria en el tambor motriz para definir posteriormente el motor a utilizar. Esto se hace a partir de la siguiente ecuación:

$$P_A = \frac{F_u * v}{1000} = \frac{56,71 [N] * 0,42 [m/s]}{1000} = 0,02 [kW] \rightarrow P_A = 0,03 [HP]$$

Es necesario remarcar que la potencia necesaria tiene un valor sumamente pequeño debido a diversos factores como el peso del material a transportar que es reducido, la poca distancia de transporte, entre otros.

**Selección del motor:**

Para determinar la potencia mecánica necesaria del motor se tiene en cuenta un rendimiento reducido de 0,60 (en el cual se incluye la transmisión) y un factor de seguridad de 30% para asegurar un óptimo funcionamiento en situaciones críticas.

$$P_M = \frac{0,03 [HP]}{0,60} * 1,30 = 0,06 [HP]$$

Seleccionamos un motor estándar de la marca “WEG”, modelo “W22 IE2”, de 0,25 [HP] (potencia superior a la necesaria, motor más común) con las siguientes características (Figura 55):

**Resumen de las características técnicas**

Norma	IEC 60034-1	Potencia	0.25 HP
Frecuencia	50 Hz	Fijación	Con pies
Tensión	220/380 V	Brida	C-DIN
Numero de polos	4	Forma constructiva	B34R(E)
Grado de protección	IP55	Caja de conexión*	Posición arriba
Rotación sincrona	1500 rpm	Refrigeración	IC411 - TEFC



Figura 55. Características técnicas del motor (“WEG”)

**Selección de la transmisión:**

Para cintas de poca longitud y baja potencia se suele utilizar como transmisión una doble reducción, conformada por un elemento de transmisión flexible más una caja reductora. En nuestro caso el tambor motriz cuenta en su eje con un piñón (Figura 56), el mismo es apto para cadenas de transmisión de tipo ASA 40, posee un diámetro primitivo de 97,29 [mm] y cuenta con 24 dientes.



*Figura 56. Piñón del tambor motriz*

Se opta entonces por utilizar una caja reductora compatible con las características del motor seleccionado, que posea la velocidad de salida más aproximada, en lo posible, a la requerida. Luego se utilizará una transmisión a cadena para lograr definitivamente la velocidad necesaria en el tambor motriz.

Para calcular la velocidad angular del tambor motriz partimos de la velocidad lineal de la banda transportadora (0,1 [m/s]) y el radio del tambor motriz (450 [mm]):

$$n_{tm} = \frac{v}{r} = \frac{0,1 \text{ [m/s]}}{0,45 \text{ [m]}} = 2,22 \text{ [s}^{-1}\text{]} \rightarrow n_{tm} = 21,22 \text{ [rpm]}$$

Conociendo la velocidad angular necesaria en el tambor motriz y la velocidad angular nominal del motor (1410 [rpm]), se procede a seleccionar,

en primer lugar, la caja reductora. Se decidió utilizar una del tipo de tornillo sin fin y corona de la marca “STM”, que posee la designación “WMI 40”, con una relación de reducción de 50, obteniéndose así una velocidad angular de salida cercana a la anteriormente calculada.

<b>WMI 40</b>			
<b>ir</b>	<b><math>n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}</math></b>		
	<b><math>n_2</math> <math>\text{min}^{-1}</math></b>	<b><math>T_{2M}</math> Nm</b>	<b>P kW</b>
<b>50</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>0.18</b>



Figura 57. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)

Aclaración:  $0,18 \text{ [kW]} \approx 0,25 \text{ [HP]}$

Mediante la velocidad angular de salida del reductor (28 [rpm]), podemos determinar la cantidad de dientes necesarios para la rueda dentada a ubicar en el eje de salida del mismo, mediante la siguiente relación:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (V)$$

Donde:  $Z_1$ : Número de dientes del piñón motriz

$Z_2$ : Número de dientes del piñón conducido

$n_1$ : Velocidad angular del piñón motriz

$n_2$ : Velocidad angular del piñón conducido

Reemplazando los valores conocidos en la relación (V), se obtiene la cantidad de dientes del piñón motriz:

$$Z_1 = \frac{21,22 \text{ [rpm]}}{28 \text{ [rpm]}} * 24 = 18,18 \rightarrow \mathbf{18 \text{ dientes}}$$

Con el sistema y la relación de transmisión definidos, se recalcula la velocidad lineal de la banda transportadora, a modo de verificación. Partiendo de la Ecuación V, se define la velocidad angular real del piñón conducido:

$$\frac{18}{24} = \frac{n_2}{28 [rpm]} \rightarrow n_2 = \frac{18}{24} * 28 [rpm] = 21 [rpm] \rightarrow n_2 = 2,19 [s^{-1}]$$

Reemplazando los valores en la siguiente expresión, obtendremos la velocidad lineal real de la banda transportadora:

$$v = n_2 * r = 2,19 [s^{-1}] * 0,045 [m] = 0,099 [m/s]$$

Se puede observar que dicho valor es muy cercano al definido inicialmente (0,1 [m/s]), por lo que la transmisión adoptada verifica satisfactoriamente.

Se adopta entonces un piñón para cadena de tipo ASA 40 que posea 18 dientes.

Por último, debemos determinar la longitud necesaria de la cadena y la posición del conjunto motriz respecto del piñón conducido. Para esto se recomienda iniciar los cálculos con una distancia entre centro de ejes de 30 y 50 veces el paso de la cadena. Por lo tanto, se optó por iniciar con 30 pasos dada su menor longitud y en consecuencia menores costos de inversión. Esta magnitud representa 381 [mm] de separación entre centros de ejes.

Una vez definida la distancia preliminar, se procede a determinar el número de eslabones que conforma la cadena mediante la siguiente ecuación:

$$N_e = 2 * C_0 + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 * C_0 * \pi^2}$$

Donde:  $N_e$  : Número de eslabones

$C_0$  : Distancia preliminar entre centros en cantidad de pasos

Reemplazando los valores en la expresión anterior obtenemos:

$$N_e = 2 * 30 + \frac{24 + 18}{2} + \frac{(24 - 18)^2}{4 * 30 * \pi^2} = 81,03$$

Se debe adoptar un número de eslabones par inmediatamente superior, para evitar el uso de un eslabón compensador. Por lo tanto se definen 82 eslabones.

Multiplicando la cantidad de eslabones por el valor del paso, en milímetros, obtenemos la longitud de la cadena:

$$L = 82 * 12,7 [mm] = 1041,4 [mm]$$

A continuación se calcula nuevamente la distancia entre centros real, dada la cantidad de eslabones determinados anteriormente, mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{p}{8} * \left( 2 * N_e - Z_2 - Z_1 + \sqrt{\left( 2 * N_e - Z_2 - Z_1 \right)^2 - \frac{\pi}{3,88} * \left( Z_2 - Z_1 \right)^2} \right)$$

Donde:  $C$ : Distancia entre centros definitiva

$p$  : Paso en milímetros

Reemplazando obtenemos:

$$C = \frac{12,7 \text{ [mm]}}{8} * \left( 2 * 82 - 24 - 18 + \sqrt{(2 * 82 - 24 - 18)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (24 - 18)^2} \right)$$

$$C = 387,16 \text{ [mm]}$$

Conociendo la distancia entre centros de los ejes de los piñones, se podrá diseñar un soporte adecuado que contenga el conjunto motorreductor y cumpla con los parámetros establecidos.

### 2.1.2 Diseños estructurales

A continuación se expone el desarrollo de los diseños estructurales correspondientes a la cinta transportadora I.

#### **Bordes de contención:**

Como ya se mencionó anteriormente en el anteproyecto (ver Sección 5.1.1), se incorporarán bordes laterales a lo largo de la estructura de la cinta transportadora con el fin de guiar el material durante su recorrido, evitando la caída del mismo por los lados de la banda. Para esto se decide emplear dos perfiles galvanizados de sección tipo U, también denominados PGU, con dimensiones de 200x35 [mm] y con un espesor de 1,25 [mm].



Figura 58. Características perfil U (“Perfiles JMA”)

La selección de este tipo de perfil radica en las ventajas de adquisición en el mercado y las dimensiones que posee. La altura de 200 [mm] cubre satisfactoriamente los laterales, teniendo en cuenta el tamaño de los materiales transportados sobre la banda. Además, el ala de 35 [mm] facilita el apoyo y sujeción sobre los laterales estructurales de la cinta transportadora, los cuales tienen un ancho de 40 [mm]. Por último, es importante remarcar que los perfiles seleccionados son fabricados con longitudes de 6000 [mm], siendo el largo total a cubrir de 4770 [mm], posibilitando la utilización de un solo perfil en toda la extensión del transportador. Para llevar a cabo la unión de los perfiles U a la estructura de la cinta transportadora, se decide utilizar tornillos auto perforantes.

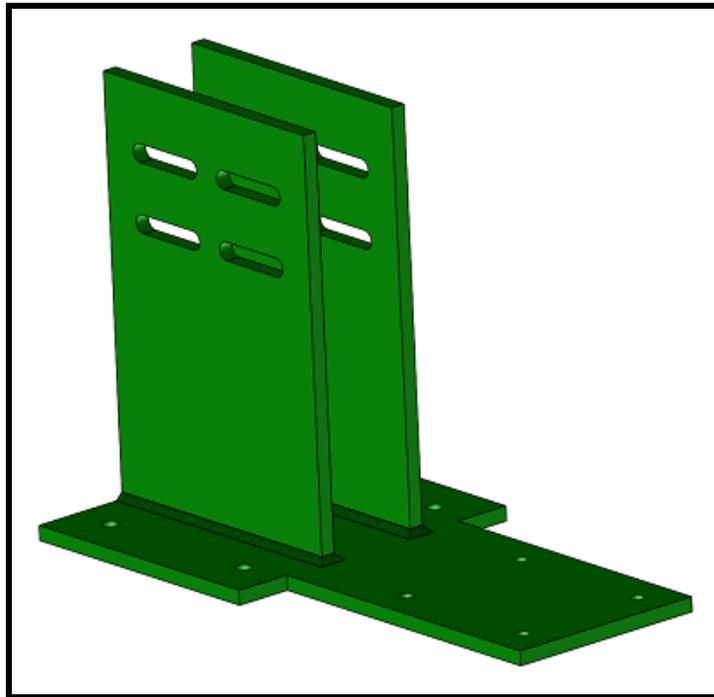
En cuanto a la zona inferior del transportador, donde se realizará la carga de material, se opta por ubicar un perfil del mismo tipo, de manera transversal, para evitar la caída del material hacia abajo de la banda. Este conjunto estará desplazado verticalmente 80 [mm], con respecto a las caras superiores de los laterales estructurales, con el fin de obtener una separación que permita el paso de las palas de arrastre que forman parte de la banda transportadora. El perfil transversal estará fijado a los perfiles laterales seleccionados mediante tornillos pasantes, unidos a un soporte de tipo escuadra.



Figura 59. Bordes de contención (modelo realizado en "SolidWorks")

**Soporte del conjunto motriz:**

Se diseñó un soporte que permite sujetar el conjunto motorreductor y ser fijado en el lateral correspondiente de la estructura de la cinta transportadora. El mismo estará conformado por chapa LAC de 6,35 [mm] de espesor ( $\frac{1}{4}$  de pulgada), la cual brinda rigidez para el conjunto. Dicho soporte posee la forma mostrada a continuación (Figura 60).



*Figura 60. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en "SolidWorks")*

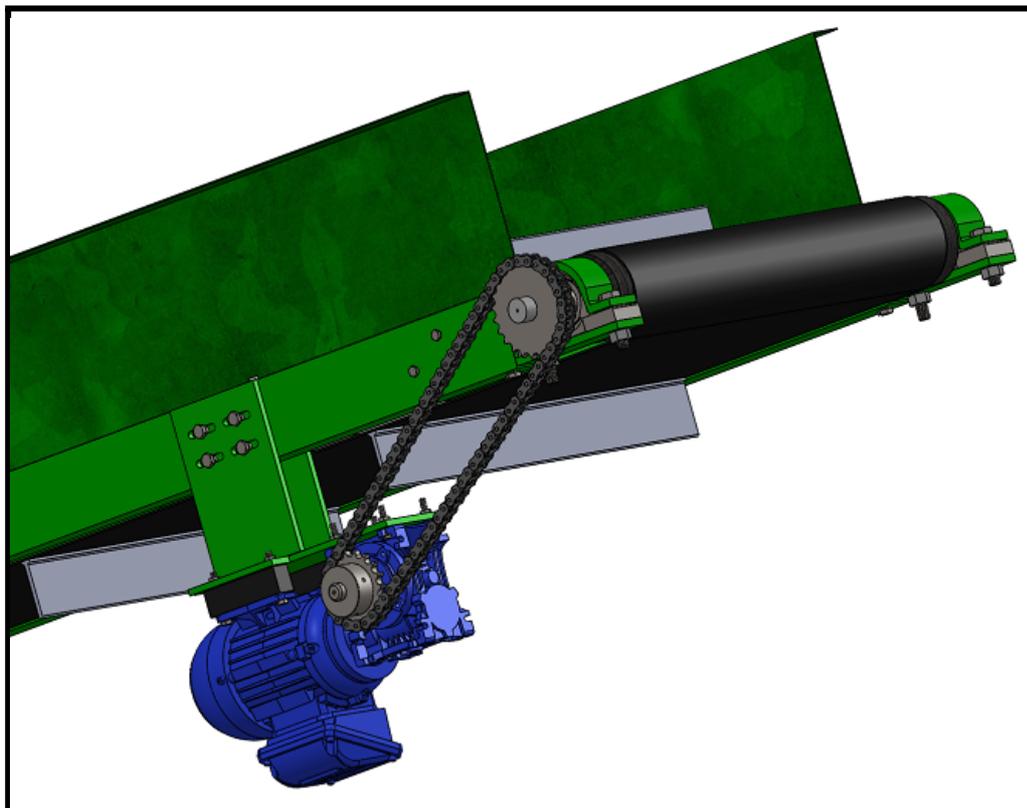
*Aclaración: Plano detallado, ver Anexo A-13*

Para este diseño se tuvieron en cuenta diversos factores, en primer lugar la distancia entre centros de los ejes del tambor motriz y el motorreductor determinada anteriormente. La misma se utilizó para determinar la posición del soporte; para esto también se consideró la distancia con respecto a la banda transportadora, para permitir el espacio necesario para el paso de las palas de arrastre, siendo que el conjunto se dispondrá paralelo a la cinta transportadora.

Es necesario mencionar que la estructura de la cinta transportadora cuenta con perfiles transversales en toda su extensión, los cuales podrían obstaculizar la sujeción del soporte diseñado, por lo que también se tuvo en consideración este aspecto.

Se optó por realizar perforaciones ranuradas en la zona de sujeción del soporte, con el fin de permitir un desplazamiento del conjunto y lograr un tensado de la cadena en caso de que se requiera. Por otra parte, las perforaciones en la zona inferior fueron efectuadas según las dimensiones de los apoyos del motor y del reductor, provistas por los catálogos de sus respectivos fabricantes.

Por último, debemos mencionar que se dispone de dos bloques de 100x20x27 [mm] con el fin de brindar un apoyo estable para el motor, ya que la base del mismo no coincide con la del reductor. Dichos apoyos pueden ser fabricados con plástico reciclado por la empresa.



*Figura 61. Vista en perspectiva del ensamblaje (modelo realizado en "SolidWorks")*

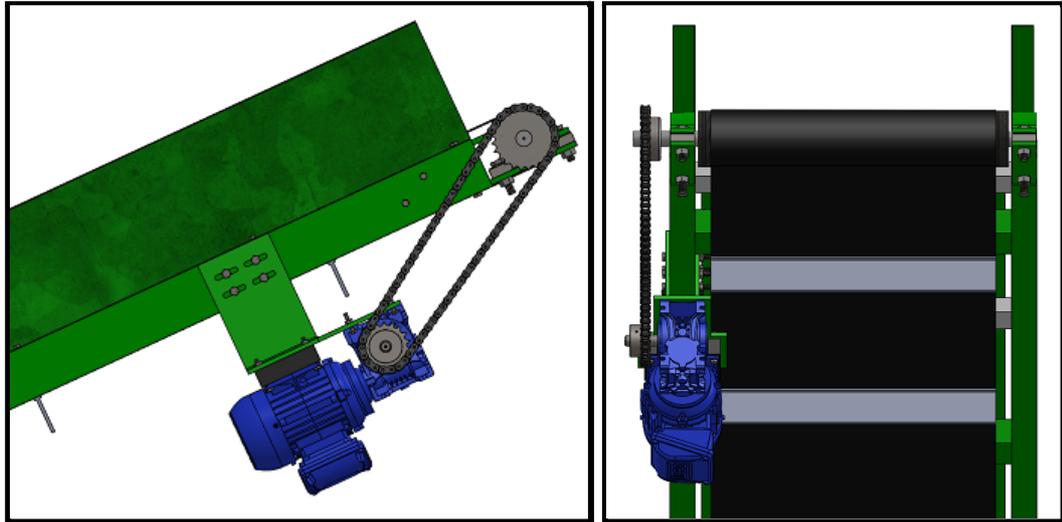


Figura 62. Vista lateral y frontal del ensamble (modelo realizado en "SolidWorks")

### **Cubrecadena:**

Con el fin de brindar un mayor nivel de seguridad del personal y protección de la transmisión, se añade un cubrecadena entre el conjunto motriz y el rodillo conducido. El mismo estará sujeto a la estructura lateral de la cinta transportadora por medio de tornillos, facilitando su colocación y retiro en caso de mantenimiento. Cabe destacar que las dimensiones constructivas no son estrictas. A continuación podemos observar su disposición en la imagen (Figura 63).

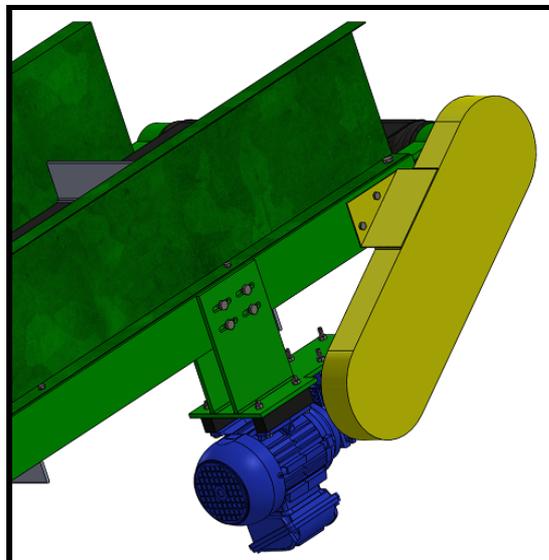


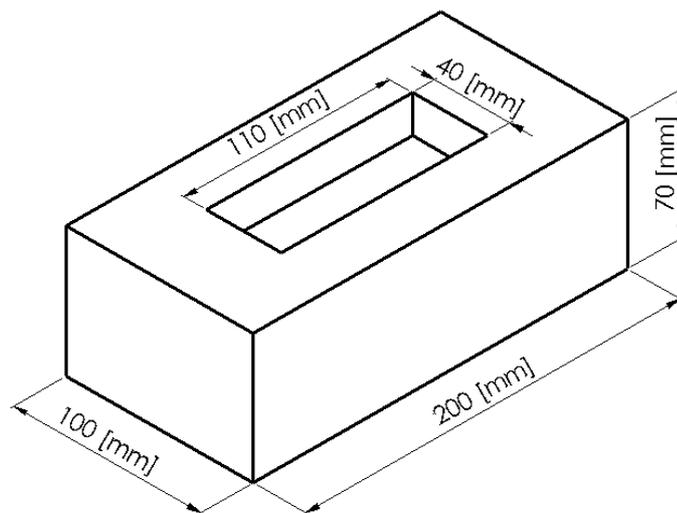
Figura 63. Cubrecadena (modelo realizado en "SolidWorks")

**Base de apoyo de las ruedas traseras:**

Como ya se ha mencionado, la cinta transportadora cuenta con un sistema que permite regular su ángulo de inclinación mediante la variación de la altura de salida del equipo.

Según el ángulo establecido, para lograr la altura de elevación requerida, se puede presentar una interferencia en la zona inferior del transportador. Este inconveniente radica en el uso de una banda transportadora con palas de arrastre, que requiere de un mayor despeje del tambor de reenvío con respecto al suelo.

Para lograr el espacio necesario y permitir la circulación correcta de la banda, se diseñan dos apoyos (Figura 64) a ubicar en ambas ruedas traseras, logrando desplazar verticalmente la zona inferior. Además, de esta manera se logra un enclavamiento de las ruedas, impidiendo el movimiento no deseado del conjunto y logrando mayor estabilidad.



*Figura 64. Vista acotada del apoyo diseñado*

*Aclaración: profundidad de ranura 20 [mm]*

Mediante el ángulo de inclinación definido ( $25^\circ$ ), se determinó la altura de elevación necesaria que deben brindar los apoyos para permitir un correcto

funcionamiento del equipo. Dicha cota tiene un valor de 50 [mm]. Cabe destacar que las dimensiones definidas en el croquis no son de carácter estricto, las mismas pueden variar siempre que se respete la cota vertical establecida.

Podemos ver que en cada apoyo se realizó una ranura donde se ubicaran las ruedas de la cinta transportadora como se muestra en la siguiente imagen (Figura 65).

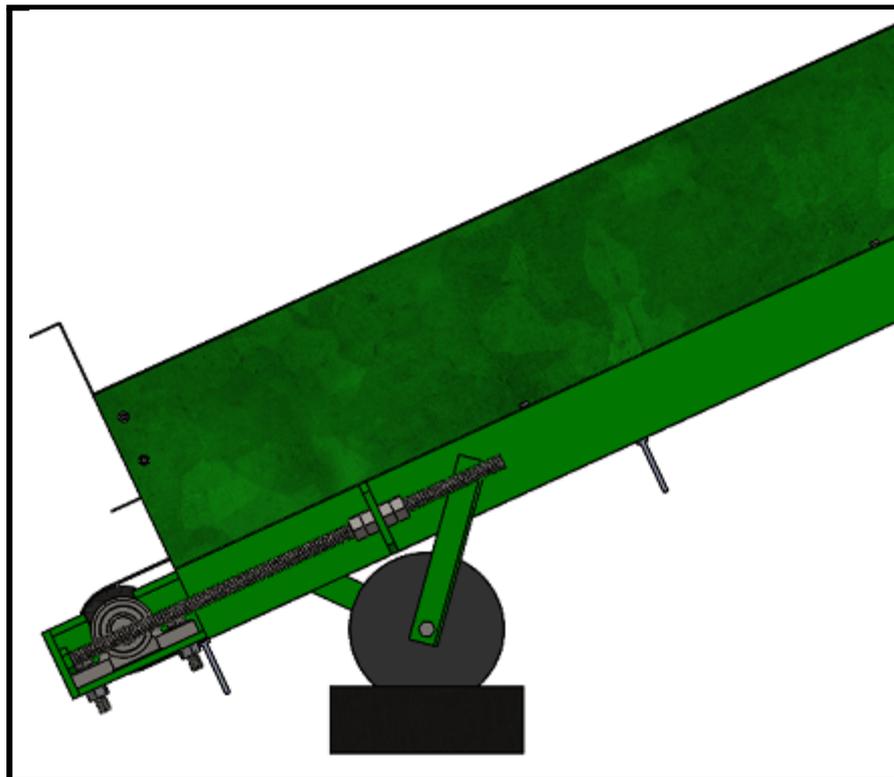


Figura 65. Vista lateral del apoyo (modelo realizado en "SolidWorks")

En cuanto al material constructivo de los apoyos, estos pueden ser fabricados de plástico reciclado por la empresa.

### 2.1.3 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos

A continuación se exponen algunas imágenes del modelo final de la cinta transportadora I.

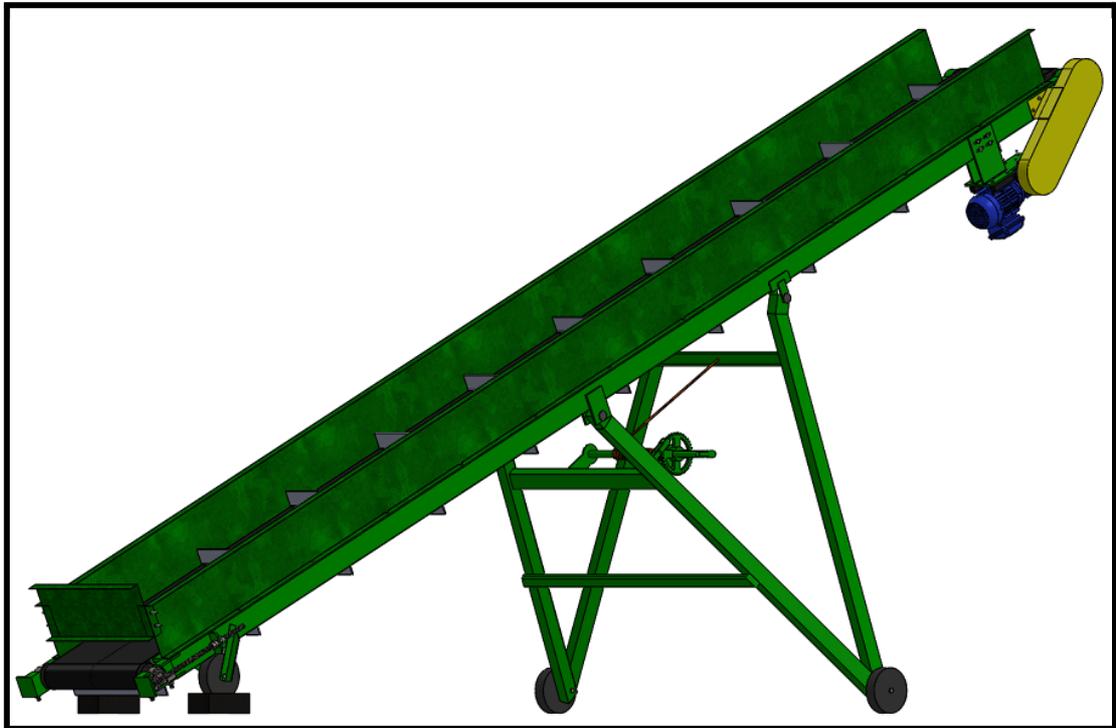


Figura 66. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")

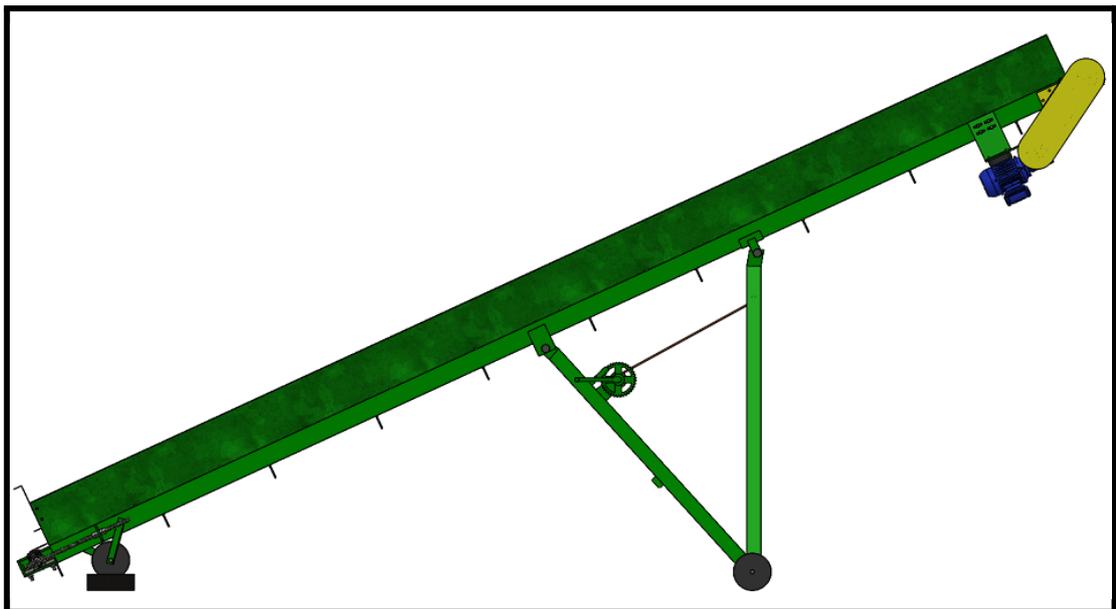


Figura 67. Vista lateral derecha (modelo realizado en "SolidWorks")

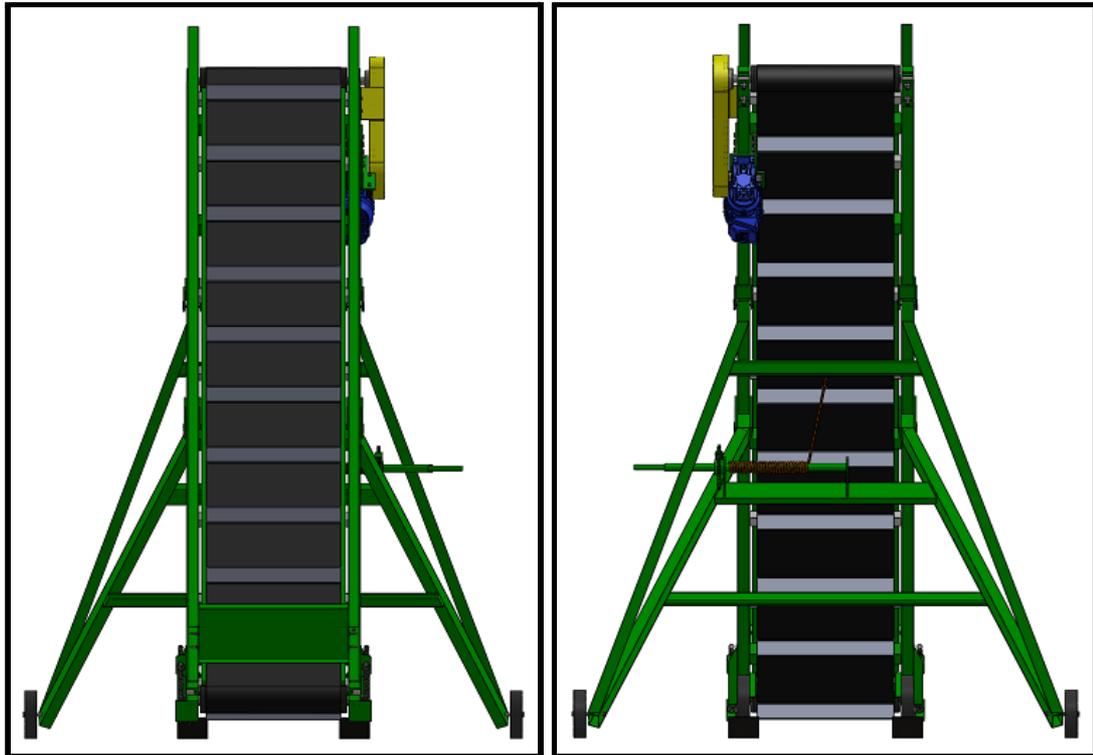


Figura 68. Vista frontal y posterior (modelos realizados en "SolidWorks")

Seguidamente se presenta un resumen de los principales datos técnicos del equipo.

Datos técnicos:

Tabla 17. Datos técnicos de la cinta transportadora I

Cinta transportadora I		
Características		Datos
Motor	Potencia	0,25 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Velocidad angular	1500 [rpm]
Reductor	Tipo	Tornillo sin fin y corona
	Relación	50:1

Transmisión	Cadena	ASA 40
	Piñón motriz	18 dientes
	Piñón conducido	24 dientes
	Relación	3:4
General	Distancia entre ejes	5000 [mm]
	Ángulo de inclinación	Variable
	Banda transportadora	E 5/2 0/V4 GSTR
	Perfiles de banda	T60

Para mayores detalles constructivos y dimensiones se puede observar el Anexo A (10 a 16) donde se encuentran los planos del equipo.

## 2.2 Cinta transportadora II

Se procede a diseñar y calcular la cinta transportadora, de banda modular plástica, que será la encargada de suministrar material al molino a cuchillas. La misma será ubicada entre ambos molinos, su entrada será a nivel del suelo en la salida del molino a martillos y deberá ser capaz de elevar el material hasta la rampa de alimentación del molino a cuchillas.

Se debe mencionar que, al igual que en la Sección 2.1 (Cinta transportadora I), se sigue el método de cálculo del fabricante “Forbo”, en este caso aplicado a bandas del tipo modular, con el catálogo de la marca “Siegling Prolink”.

También se realizará el cálculo y diseño de un sistema de aspersion, ubicado sobre la banda modular, para realizar una limpieza previa del material transportado mediante el uso de agua a presión.

## 2.2.1 Cálculo y diseño de la banda modular

En primer lugar, es necesario determinar la tracción efectiva de la banda, la misma se expresa con diferentes ecuaciones según el tipo de transporte, en nuestro caso es un transporte deslizante inclinado (de marcha sobre mesa) y su expresión tiene la siguiente forma:

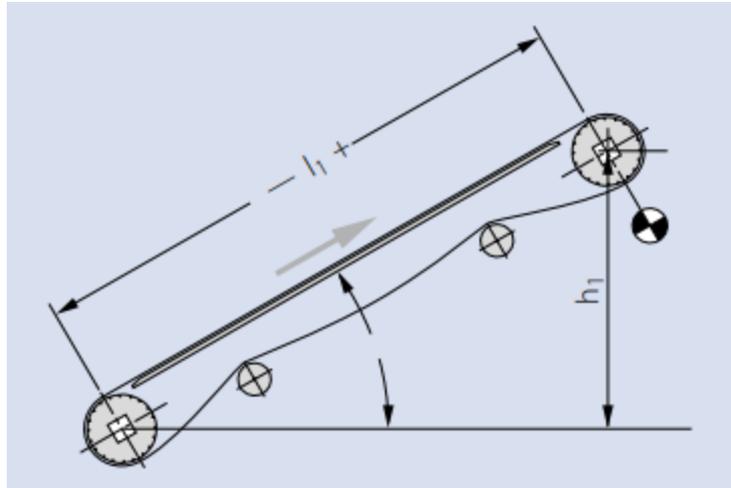


Figura 69. Disposición de transporte deslizante inclinado

$$F_U = \mu_s * g * (m_p + m_B) + g * m_p * \text{sen}(\alpha) \quad (\text{VI})$$

Donde:  $F_U$ : Tracción efectiva de la banda

$g$ : Gravedad

$m_p$ : Masa del producto transportado

$m_B$ : Masa de la banda transportadora

$\mu_s$ : Coeficiente de banda de fricción – superficie deslizante

$\alpha$ : Ángulo de inclinación de la cinta

**Selección de la banda transportadora:**

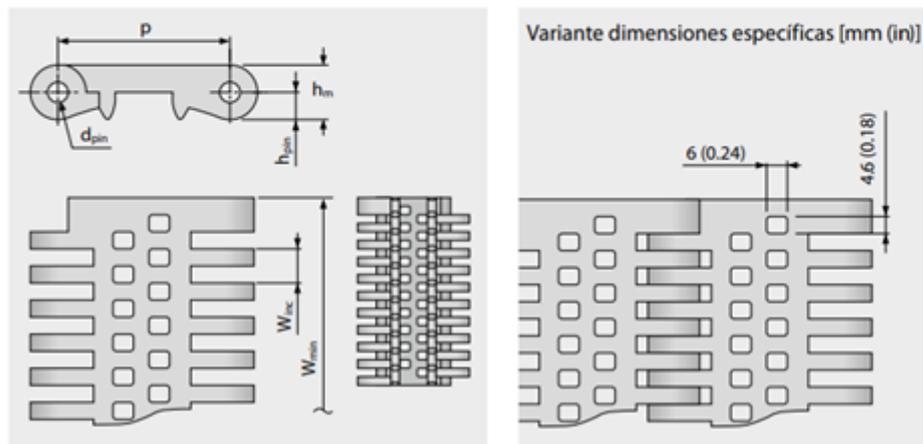
Para la selección de la banda modular se hace uso del catálogo mencionado anteriormente. Se consideró que la misma cumpla con diferentes aspectos necesarios como transporte inclinado, que cuente con perfiles (palas de arrastre) y que se adapte correctamente al tipo de aplicación. Sabiendo que las solicitaciones a las cuales estará sometida son de valores reducidos, se optó por seleccionar una banda de la serie 1, siendo estas las más económicas. La misma debe contar con aperturas para permitir un buen drenaje de líquidos.

La banda seleccionada tiene la designación: S1-18 FLT

Los perfiles seleccionados se denominan: S1-18 FLT PMC

**S1-18 FLT | 18% Apertura | Superficie plana**

Versión abierta (18%) para una excelente circulación de aire y drenaje



**Dimensiones de la banda**

	p	d <sub>pin</sub>	h <sub>m</sub>	h <sub>pin</sub>	h <sub>s</sub>	W <sub>min</sub>	W <sub>inc</sub>	W <sub>tol</sub>
	Paso	Pasador Ø	Espesor [mm]	Posicion del Pasador [mm]	Altura [mm]	Ancho min. [mm]	Incremento de ancho [mm]	Tolerancia de ancho [%]
mm	50,0	6,0	16,0	8,0	0,0	50,0	10,0	±0,2
inch	1,97	0,24	0,63	0,31	0,0	1,97	0,39	±0,2

Banda		Pasador		Tension nominal de la banda, recto		Peso		Temperatura	
Material	Color	Material	Color	[N/mm]	[lb/ft]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[lb/ft <sup>2</sup> ]	[°C]	[°F]
PP	WT	PP	WT	30	2056	8,2	1,68	5/100	41/212

Figura 70. Información técnica de la banda transportadora

## S1-18 FLT PMC

Versión abierta (18%) base modular para drenaje

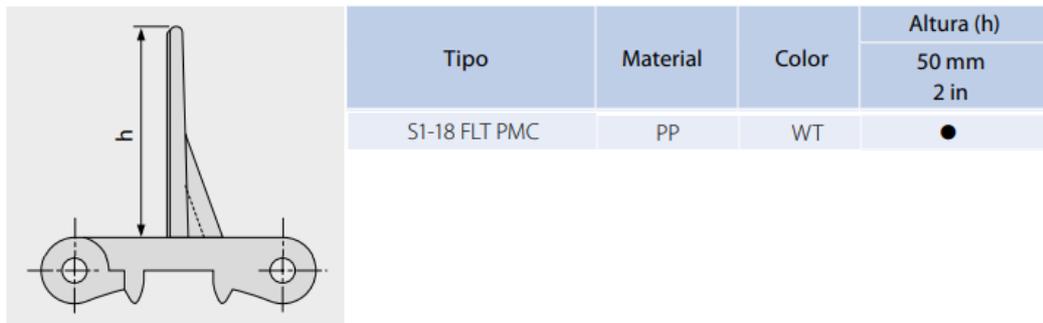


Figura 71. Información técnica de los perfiles

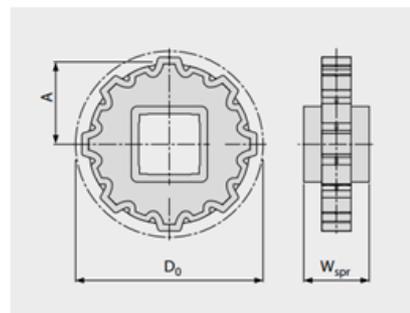
### Selección de los piñones de arrastre:

La banda modular seleccionada es accionada por medio de piñones, ubicados en los ejes motriz y de reenvío, respectivamente. La selección se lleva a cabo conociendo el paso de la banda y el radio mínimo de flexión. Teniendo en cuenta que el transportador operará a una muy baja velocidad lineal, se selecciona un piñón con el menor número de dientes posible, que cumpla satisfactoriamente con los requisitos enunciados anteriormente.

#### S1 SPR | Piñones



Transporte en línea recta | Paso 50 mm (1,97 in)



#### Dimensiones principales

Material: POM, Color: UC

Tamaño del piñón (número de dientes)		Z8
$W_{spr}$	mm	40
	inch	1,57
$D_0$	mm	131
	inch	5,14
$A_{max}$	mm	57
	inch	2,26
$A_{min}$	mm	53
	inch	2,09

Figura 72. Información técnica de los piñones

Para determinar el número mínimo de piñones por eje se debe dividir el ancho de la banda por 150 [mm], debido a que por regla general, la separación entre piñones no debe exceder los 160 [mm]. También se recomienda utilizar un número impar, con el fin de contar con un piñón central.

Teniendo en cuenta la medida del ancho de la boca de alimentación del molino a cuchillas, se establece el ancho de la banda en 450 [mm]. Finalmente, el número mínimo de piñones es:

$$N_p = \frac{450 [mm]}{150 [mm]} = 3$$

Por lo tanto, se utilizarán 3 piñones por eje (motriz y de reenvío). Además, se decide seleccionar piñones con orificio cuadrado que posee aristas de 38,1 [mm] (1,5 pulgadas).

Emplear un eje cuadrado conlleva ventajas a la hora de montar y alinear los piñones, lo que se dificulta en gran medida con la utilización de un eje de sección circular, debido a la complejidad constructiva que conlleva la realización de chaveteros para la fijación y alineación de los piñones.

### **Determinación del largo de la banda:**

Para poder definir el largo total de la banda transportadora es necesario antes determinar ciertas magnitudes dimensionales.

En primer lugar, se establece el ángulo de inclinación, el cual debe poseer el mayor valor posible teniendo en cuenta la poca disponibilidad de espacio en el sector. Considerando que se utilizan perfiles de arrastre y mediante la consulta a fabricantes sobre ángulos recomendados, se opta por un ángulo de inclinación de 35°.

En segundo lugar, se analizan las alturas de carga y descarga (Figura 73). Debido a la ubicación que posee la rampa de salida del molino a martillos, la altura de carga será a nivel del suelo, facilitando de este modo la carga directa de la banda. En cuanto a la altura de descarga, se debe tener en cuenta la cota de la boca de alimentación del molino a cuchillas con respecto al suelo, la misma tiene un valor de 1720 [mm]. Además, se tienen en cuenta los despejes necesarios para los perfiles de arrastre de la banda, la bandeja de escurrido y los laterales de contención, que evitan la caída de material por los lados del transportador.

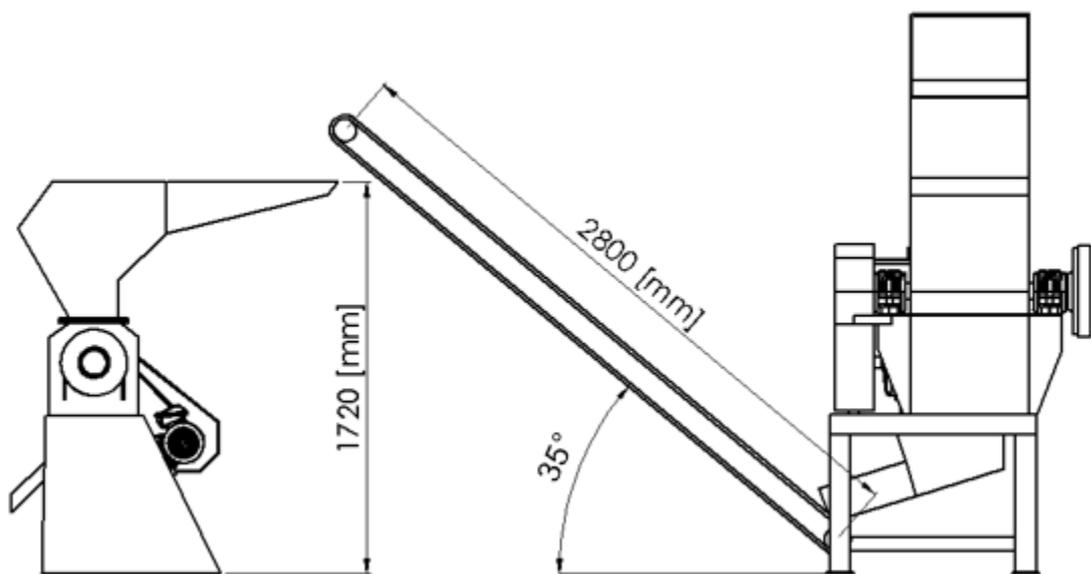


Figura 73. Croquis de la disposición del transportador entre los molinos

Finalmente se define una distancia de 2800 [mm] entre centros de ejes. Sumando el perímetro de los piñones, se puede obtener el largo total de la banda transportadora:

$$L_{banda} = 2,8 [m] * 2 + \pi * 0,131 [m] \approx 6 [m]$$

Teniendo en cuenta que el paso de la banda es de 50 [mm], se define un largo total de 6 [m], obteniendo un total de 120 módulos que componen la banda.

**Determinación de la masa de la banda:**

Sabiendo, por catálogo, que la banda modular posee un peso por unidad de superficie de 8,2 [kg/m<sup>2</sup>], podemos calcular su masa total:

$$m_{banda} = 8,2 [kg/m^2] * 0,45 [m] * 6 [m] = 22,14 [kg]$$

Se lleva a cabo una mayoración del valor de la masa en un 20% debido a los perfiles de arrastre, ya que el fabricante no brinda información específica sobre el peso de los mismos. Se define utilizar 15 perfiles en toda la longitud de la banda, lo que significa una separación de 400 [mm] entre los mismos. De esta manera se contaría con un perfil (S1-18 FLT PMC) cada 7 módulos simples (S1-18 FLT).

$$m_B = 22,14 [kg] * 1,20 = 26,57 [kg]$$

**Determinación de la masa del producto transportado**

En primer lugar, es necesario aclarar que la velocidad del equipo será de 0,1 [m/s] al igual que en la cinta transportadora I. Con dicha velocidad y considerando la carga directa de tapas de bidones de agua (caso considerado en la Sección 1.3.2), la mayor carga que será transportada es de 1 [kg], aproximadamente, teniendo en cuenta la capacidad limitada del molino a cuchillas. Por lo tanto, se considera este valor como la masa total del producto transportado a utilizar en el cálculo.

**Determinación del coeficiente de fricción:**

El catálogo utilizado provee una tabla de coeficientes dinámicos entre la banda y la tira de desgaste (Figura 74).

Material de la tira de desgaste	Condiciones de funcionamiento	PE y PE-MD			PP, PP-MD y PXX-HC			Material de banda POM incl. CR, HC y MD		
		limpio	regular	sucio	limpio	regular	sucio	limpio	regular	sucio
		Madera dura	seco	0,16	0,16	0,24	0,22	0,39	0,59	0,16
	mojado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HDPE	seco	-	-	-	0,14	0,19	0,29	0,08	0,19	0,29
	mojado	-	-	-	0,12	0,17	0,26	0,08	0,12	0,25
PA lubricada	seco	0,18	0,28	0,45	0,13	0,24	0,35	0,12	0,20	0,30
	mojado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acero	seco	0,14	0,23	0,38	0,25	0,31	0,47	0,18	0,23	0,35
	mojado	0,13	0,21	0,33	0,24	0,29	0,44	0,14	0,17	0,26
UHMW PE	seco	0,30	0,31	0,47	0,13	0,22	0,35	0,13	0,17	0,32
	mojado	0,27	0,28	0,45	0,11	0,20	0,32	0,11	0,15	0,28

Figura 74. Coeficientes de fricción ("Siegling Transilon")

El coeficiente obtenido tiene un valor de 0,26.

**Cálculo de la tracción efectiva de la banda:**

Se reemplaza la ecuación (VI) con los valores determinados:

$$F_u = 0,26 * 9,81 [m/s^2] * (1 [kg] + 26,57 [kg]) + 9,81 [m/s^2] * 1 [kg] * \text{sen}(35^\circ)$$

$$F_u = 75,95 [N]$$

**Cálculo de la tracción ajustada de la banda:**

Para tener en cuenta las condiciones operativas, la tracción efectiva de la banda ( $F_u$ ) se ajusta de acuerdo con el factor operacional ( $C_{op}$ ).

La fuerza de tracción ajustada posee la siguiente expresión:

$$F_{adj} = F_u * C_{op} \tag{VII}$$

Donde:  $F_{adj}$ : Fuerza de tracción ajustada

$C_{op}$ : Factor operacional

Ingresando a la tabla provista por el fabricante según las condiciones de operación y la configuración de accionamiento, se obtiene el factor “ $C_{op}$ ”. Se considera el caso de operación de arranque estando cargada la banda y un accionamiento estándar.

	<b><math>C_1</math></b>
Condiciones operativas adecuadas (arranque suave)	+ 0
Operación arranque-parada (arranque cuando está cargado)	+ 0,2
Velocidad de banda superior a 30 m/min (100 ft/min)	+ 0,2
Barra de punta en un extremo	+ 0,4
Barra de punta en ambos extremos	+ 0,8
Transportador inclinado de cuello de cisne	+ 0,4
<b>Seleccione configuración de accionamiento:</b>	
Estándar	+ 0
Accionamiento centro de banda (bidireccional)	+ 0,2
Unidad de accionamiento inferior	+ 0,1
Accionamiento de cola (configuración de empuje)	+ 0,4
$1 + \sum C_1$	

Figura 75. Factor  $C_{op}$  (“Siegling Transilon”)

Reemplazando los valores, en la ecuación (VII), obtenemos:

$$F_{adj} = 75,95 [N] * 1,2 = 91,14 [N]$$

A continuación calculamos la tracción ajustada de la banda por milímetro de ancho de banda:

$$F'_{adj} = \frac{F_{adj}}{W_b} = \frac{91,14 [N]}{450 [mm]} = 0,20 [N/mm]$$

Donde:  $F'_{adj}$ : Tracción ajustada de la banda por milímetro de ancho

$W_b$ : Ancho de la banda

### **Verificación de la selección de la banda:**

El criterio del fabricante para la validación de la selección se expresa de la siguiente manera:

$$F'_{adj} < F'_{adm} \quad \text{(VIII)}$$

Donde:  $F'_{adm}$ : es la tracción admisible de la banda

La temperatura puede reducir la capacidad de tracción de la banda. Para tener este efecto en cuenta, se afecta la tracción admisible de la banda por un factor de temperatura. Dicho coeficiente tiene un valor equivalente a 1 para temperaturas entre -20 y 40°C, por lo tanto no se tiene en cuenta.

Según el fabricante, el valor de la tracción admisible de la banda es de 30 [N/mm]. Procedemos entonces a reemplazar y comparar los valores en la ecuación (VIII):

$$0,20 [N/mm] < 30 [N/mm]$$

### **Selección y verificación de los ejes:**

La selección del eje se realiza teniendo en cuenta las dimensiones y el tipo de sección del orificio del piñón seleccionado. El mismo es cuadrado y cuenta con una medida de 38,1 [mm], por lo que se adoptan dos barras de

acero, del tipo cuadrado macizo, para la fabricación de los ejes. Dichas piezas serán mecanizadas en los extremos, para obtener una sección circular de diámetro 25 [mm], con el fin de poder disponer los rodamientos y acoplar el reductor en el caso del eje motriz.

Siguiendo los cálculos detallados por el fabricante, se procede a determinar la carga en el eje:

$$F_e = \sqrt{F_{adj}^2 + (m_e * g)^2} \quad (IX)$$

Donde:  $F_e$  : Carga del eje

$m_e$  : Masa del eje

Debemos determinar entonces la masa del eje mediante su volumen y la densidad del acero, teniendo en cuenta un largo de 450 [mm].

$$m_e = 7850 [kg/m^3] * 0,45 [m] * (0,0381 [m])^2 = 5,13 [kg]$$

Reemplazamos los valores en la expresión (IX):

$$F_e = \sqrt{(91,14 [N])^2 + (5,13 [kg] * 9,81[m/s^2])^2} = 104,11 [N]$$

A continuación, procedemos a calcular el par al cual se encuentra sometido el eje mediante la siguiente ecuación:

$$M = F_{adj} * \frac{D_0}{2} = 91,14 [N] * \frac{131 [mm]}{2} = 5969,67 [N mm]$$

- **Desviación del eje:**

El eje motriz se desvía debido a la fuerza de tracción de la banda que actúa sobre el mismo. Este efecto aumenta cuanto mayor es la distancia entre apoyos y menor el diámetro de los ejes. La desviación del eje debe mantenerse al mínimo para prevenir la fatiga y contar con un espacio de transferencia pequeño y uniforme. El fabricante recomienda mantener la desviación por debajo de 2 [mm].

La desviación del eje puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$y_e = \frac{5 * F_e * l_b^3}{384 * E * I} \quad (X)$$

Donde:  $y_e$  : Desviación del eje

$l_b$  : Distancia entre apoyos (rodamientos)

$E$  : Módulo de elasticidad

$I$  : Momento de inercia del área

La distancia entre apoyos se fija en 500 [mm], teniendo en cuenta el ancho de la banda modular y un margen. En cuanto al módulo de elasticidad del acero, el mismo posee un valor de 200000 [N/mm<sup>2</sup>].

A continuación, procedemos a determinar el momento de inercia para un eje de sección cuadrada de 38,1 [mm] de lado:

$$I = \frac{W_e^4}{12} = \frac{(40 [mm])^4}{12} = 213333,33 [mm^4]$$

Reemplazando en la ecuación (X), obtenemos la desviación del eje:

$$y_e = \frac{5 * 104,11 [N] * (500 [mm])^3}{384 * 200000 [N/mm^2] * 213333,33 [mm^4]} = 0,004 [mm]$$

Podemos ver que la desviación del eje es ampliamente menor que la admisible de 2 [mm], por lo tanto verifica.

● **Torsión del eje:**

Como resultado de la tracción de la banda, el eje se retuerce debido a la torsión del extremo del accionamiento hasta el último piñón. Por tanto, la torsión aumentará cuanto más largos y delgados sean los ejes, cuanto mayor sea la tracción de la banda y cuanto mayor sean los piñones. Si la torsión es demasiado alta, la banda se puede salir del trayecto o puede fallar el acoplamiento con los piñones. El fabricante recomienda no exceder el ángulo de torsión ( $\varphi$ ) en un 0,5‰ por metro de longitud del eje.

La torsión del eje puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$\varphi = \frac{90 * F_{adj} * D_0 * l_e}{\pi * G * I_T} \quad (XI)$$

Donde:  $\varphi$ : Ángulo de torsión en el eje motriz

$D_0$ : Diámetro primitivo del piñón

$l_e$ : Longitud del eje

$G$ : Módulo de resistencia a la rotura

$I_T$ : Inercia torsional

La longitud considerada del eje es de 600 [mm], teniendo en cuenta un margen externo. En cuanto al módulo de resistencia a la rotura del acero, el mismo posee un valor de 80000 [N/mm<sup>2</sup>]. Por último, determinamos la inercia torsional:

$$I_T = 0,141 * W_e^4 = 0,141 * (40 [mm])^4 = 360960 [mm^4]$$

Reemplazando en la ecuación (XI), obtenemos la torsión del eje:

$$\varphi = \frac{90 * 91,14 [N] * 131 [mm] * 600 [mm]}{\pi * 80000 [N/mm^2] * 360960 [mm^4]} = 0,007^\circ$$

Sabiendo que la longitud del eje es de 600 [mm], procedemos a determinar el 0,5‰ para luego realizar la verificación:

$$600 * \frac{0,5}{1000} = 0,3 [mm] > 0,007^\circ \rightarrow \text{Verifica}$$

### **Cálculo de la potencia mecánica en el eje motriz:**

Se determina la potencia mecánica necesaria en el eje motriz, para definir posteriormente el motor a utilizar. Esto se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$P_A = \frac{F_{adj} * v}{1000} = \frac{91,14 [N] * 0,1 [m/s]}{1000} = 0,009 [kW] \rightarrow P_A = 0,01 [HP]$$

Es necesario remarcar que la potencia necesaria tiene un valor sumamente pequeño debido a diversos factores como el peso del material a transportar reducido, poca distancia de transporte, entre otros.

### **Selección de los rodamientos:**

Se opta por utilizar rodamientos de la firma "SKF", del tipo rígido de una hilera de bolas con sello para fluidos. A partir del diámetro interno necesario, la capacidad de carga dinámica admisible y la velocidad angular admisible,

se selecciona un conjunto de soporte y rodamiento de inserción (facilita el montaje).

El conjunto seleccionado tiene la designación: F4BSS 25M-YTPSS (soporte F4BSS 505-Y y rodamiento YAR 205-2LPW/SS)



Figura 76. Conjunto de rodamiento seleccionado (“SKF”)

Es necesario aclarar que se optó por rodamientos sellados para fluidos, debido a la proximidad que tendrán los mismos con respecto al agua proveniente del molino a martillos.

### **Selección del motor:**

Para determinar la potencia mecánica necesaria del motor se tiene en cuenta un rendimiento reducido de 0,60 (en el cual se incluye la transmisión) y un factor de seguridad de 30% para asegurar un óptimo funcionamiento en situaciones críticas.

$$P_M = \frac{0,01 [HP]}{0,60} * 1,30 = 0,02 [HP]$$

Seleccionamos un motor estándar de la marca “WEG”, modelo “W22 IE2”, de 0,25 [HP] (potencia superior a la necesaria, motor más común) con las siguientes características (Figura 77):

**Resumen de las características técnicas**

Norma	IEC 60034-1	Potencia	0.25 HP
Frecuencia	50 Hz	Fijación	Sin pies
Tensión	220/380 V	Brida	C-DIN
Numero de polos	4	Forma constructiva	B34R(E)
Grado de protección	IP55	Caja de conexión*	Posición derecha
Rotación sincrónica	1500 rpm	Refrigeración	IC411 - TEFC



Figura 77. Características técnicas del motor (“WEG”)

**Selección de la transmisión:**

Se determina, en primer lugar, la velocidad angular necesaria del eje motriz, partiendo de la velocidad lineal de la banda transportadora (0,1 [m/s]) y el diámetro primitivo de los piñones de banda (131 [mm]):

$$n_{em} = \frac{v}{r} = \frac{0,1 [m/s]}{0,131/2 [m]} = 1,52 [s^{-1}] \rightarrow n_{tm} = 14,57 [rpm]$$

Se opta entonces por utilizar una caja reductora compatible con las características del motor seleccionado, que posea la velocidad de salida más aproximada, en lo posible, a la requerida. Se decidió utilizar una del tipo de tornillo sin fin y corona de la marca “STM”, que posee la designación “WMI 50”, con una relación de reducción de 100, obteniéndose así una velocidad angular de salida cercana a la anteriormente calculada.

WMI 50			
ir	n <sub>1</sub> = 1400 min <sup>-1</sup>		
	n <sub>2</sub> min <sup>-1</sup>	T <sub>2M</sub> Nm	P kW
100	14	52	0.16



Figura 78. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)

Aclaración: 0,18 [kW] ≈ 0,22 [HP]

Mediante la velocidad angular de salida del reductor (14 [rpm]), podemos determinar la velocidad real a la que se desplazará la banda modular.

$$v = r * n_{em} = 14 * \frac{2\pi}{60 [s]} * 0,131/2 [m] = 0,096 [m/s]$$

Se puede observar que dicho valor es muy cercano al definido inicialmente, por lo que la transmisión adoptada verifica satisfactoriamente.

### 2.2.2 Cálculo y diseño del sistema de aspersión

Se llevará a cabo el cálculo y diseño de un sistema para efectuar un prelavado del material transportado. El mismo estará constituido por boquillas de aspersión plana, que rociarán agua a presión mediante la utilización de una bomba hidráulica y un sistema de conductos.

#### Selección de boquillas de aspersión:

Se procede a seleccionar las boquillas de aspersión, mediante la consulta del catálogo técnico de la empresa “*Spraying Systems*”. Para este proceso se tuvo en cuenta un diámetro de entrada de ¼ de pulgada y una rosca tipo hembra para facilitar su conexión (modelo H-DT). Además se consideró un ángulo de aspersión de 110°, lo que permite cubrir todo el ancho de la banda modular utilizando una sola boquilla y evita una gran separación de la misma con respecto a la banda. Por último, se optó por un diámetro de orificio de 0,89 [mm] y una presión de 3 [bar].



Figura 79. Boquilla de aspersión H-DT (“*Spraying Systems*”)

\*A la presión indicada en bar.

Ángulo de Aspersión a 3 bar	Tipo de Boquilla/ Conexión Entrada (pulg.)						Tamaño	Equiv. Diam. Orificio (mm)	Capacidad (litros por minuto)*							
	H-VV		H-VVL		H-DT				0.4	0.7	1.5	2	3	4	6	7
	1/8	1/4	1/8	1/4	1/8	1/4										
110°	●	●	●	●			01	.66	.14	.19	.28	.32	.39	.46	.56	.60
	●	●	●	●			015	.81	.22	.29	.42	.48	.59	.68	.84	.90
	●	●	●	●		●	02	.89	.29	.38	.56	.64	.79	.91	1.1	1.2
	●	●	●	●		●	03	1.1	.43	.57	.84	.97	1.2	1.4	1.7	1.8
	●	●	●	●	●	●	04	1.3	.58	.76	1.1	1.3	1.6	1.8	2.2	2.4
	●	●	●	●		●	05	1.4	.72	.95	1.4	1.6	2.0	2.3	2.8	3.0
	●	●	●	●	●	●	06	1.5	.86	1.1	1.7	1.9	2.4	2.7	3.4	3.6
	●	●	●	●		●	08	1.8	1.2	1.5	2.2	2.6	3.2	3.6	4.5	4.8
	●	●	●	●	●	●	10	2.0	1.4	1.9	2.8	3.2	3.9	4.6	5.6	6.0
	●	●	●	●		●	15	2.4	2.2	2.9	4.2	4.8	5.9	6.8	8.4	9.0

Figura 80. Datos de boquilla de aspersión plana (“Spraying Systems”)

Teniendo en cuenta el espacio disponible en el equipo transportador, se decide utilizar 4 boquillas de aspersión, ubicadas de manera longitudinal en la zona central de la cinta transportadora. Las mismas se encontrarán separadas a 300 [mm].

**Diseño del sistema de conducción de agua:**

Para la conducción del agua se definió el sistema expuesto a continuación (Figura 81):

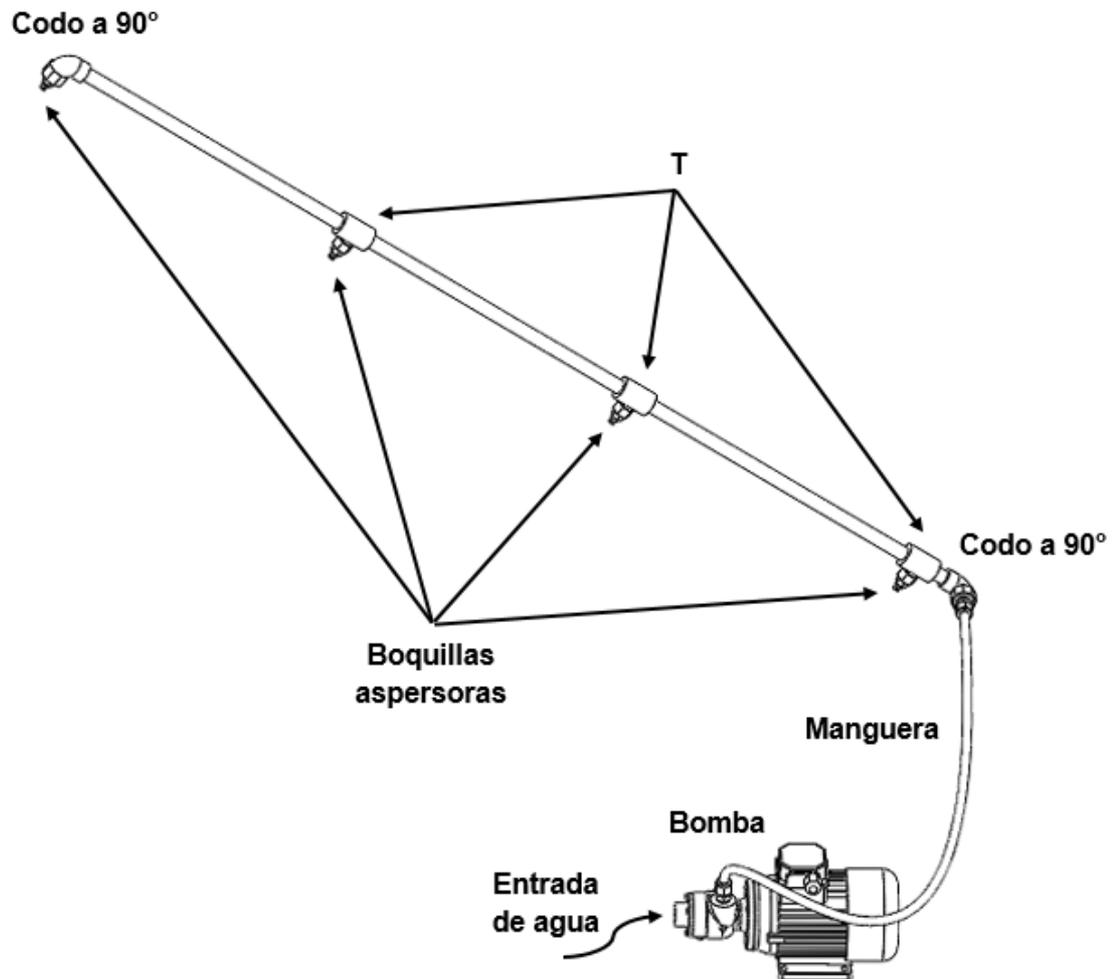


Figura 81. Sistema de conducción de agua (modelo realizado en "SolidWorks")

El mismo estará conformado por caños y accesorios de termofusión de 12,7 [mm] de diámetro interno ( $\frac{1}{2}$  pulgada). Dentro de los accesorios podemos encontrar codos a 90°, accesorios de tipo "T", niples de adaptación y las boquillas aspersoras. Además se dispondrá de una conexión flexible (manguera) entre la bomba y la tubería, que tendrá un diámetro de 12,7 [mm] ( $\frac{1}{2}$  pulgada).

### **Cálculo de pérdidas de carga:**

En primer lugar, se determinan las pérdidas primarias en el sistema de conducción. Las mismas se producen dentro de las tuberías y accesorios y se deben a la rugosidad del material. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$H_r = \frac{\lambda * L * v^2}{2 * g * d} \quad (\text{XII})$$

Donde:  $H_r$ : Altura de pérdida

$\lambda$ : Factor de fricción del material del conducto

$L$ : Longitud total del sistema de conductos

$v$ : Velocidad del agua

$g$ : Gravedad

$d$ : Diámetro del conducto

- **Factor de fricción del material del conducto:**

Para determinar el factor de fricción del material se utiliza el diagrama de Moody. El mismo es una representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de un conducto.

Para determinar el número de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_e = \frac{v * d}{\nu} \quad (\text{XIII})$$

Donde:  $R_e$ : Número de Reynolds

$\nu$ : Viscosidad cinemática del agua

La velocidad del agua está dada por la relación entre el caudal y el área de la sección del conducto. Considerando que se utilizarán 4 boquillas de aspersión, ubicadas en paralelo, se deben sumar los caudales demandados por cada una para obtener el caudal total.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0,05 [m^3/h]}{\frac{\pi}{4} * (0,0127 [m])^2} * \frac{1 [h]}{3600 [s]} = 0,44 [m/s]$$

El diámetro adoptado para los conductos es de ½ de pulgada. En cuanto a la viscosidad del agua, se adopta el valor correspondiente a una temperatura de 20 [°C], siendo el mismo de  $1,007 \times 10^{-6}$  [m<sup>2</sup>/s].

Reemplazando en la ecuación (XIII), se determina el número de Reynolds:

$$R_e = \frac{0,44 \text{ [m/s]} * 0,0127 \text{ [m]}}{1,007 \times 10^{-6} \text{ [m}^2\text{/s]}} = 5549,15$$

Para determinar la rugosidad relativa del conducto se debe tener en cuenta el material del mismo. Como ya se mencionó, los conductos serán de material plástico, el cual posee un valor de rugosidad absoluta (k) de 0,0015 [mm].

La rugosidad relativa del conducto está dada por la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro.

$$\frac{k}{d} = \frac{0,0015 \text{ [mm]}}{12,7 \text{ [mm]}} = 0,0001$$

Mediante los valores determinados se ingresa al diagrama de Moody (Figura 82), utilizando el número de Reynolds en la vertical y la curva respectiva de la rugosidad relativa.

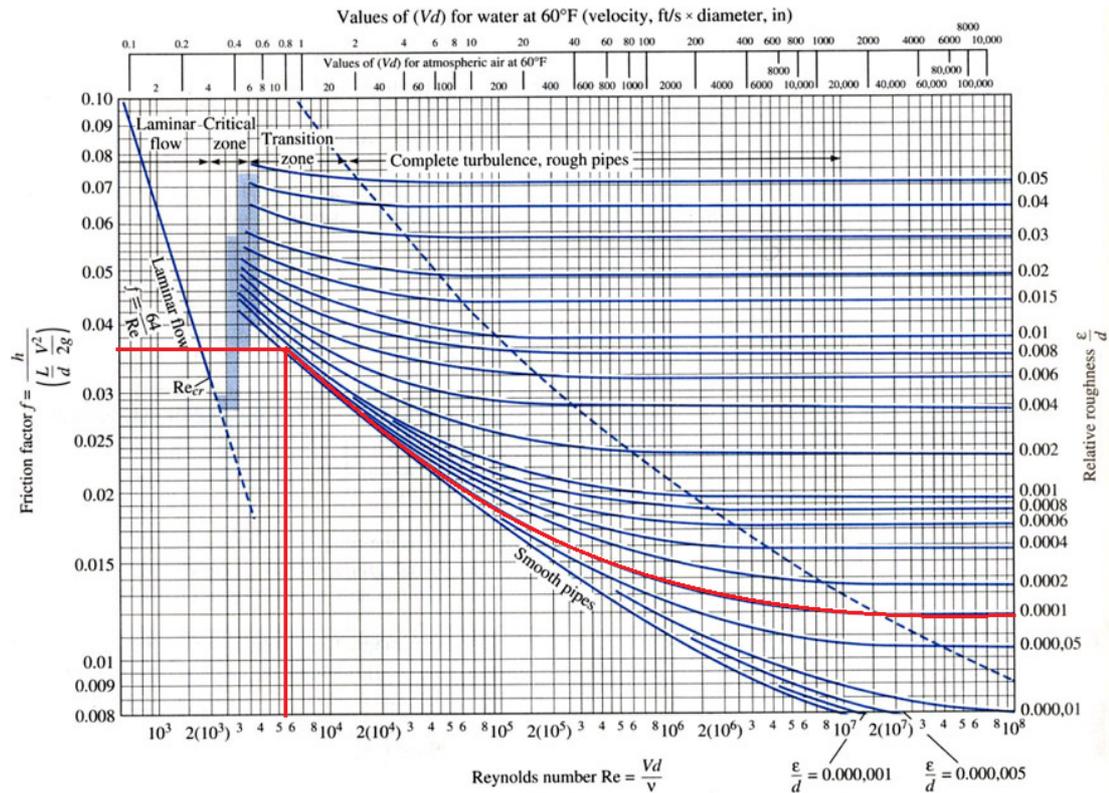


Figura 82. Diagrama de Moody

De esta manera, se obtiene un factor de fricción de 0,036.

- **Longitud total del sistema de conductos:**

A continuación, se realiza un listado con los componentes presentes en el sistema para definir la longitud total equivalente de pérdidas (Tabla 18).

Para determinar la longitud equivalente de los diferentes accesorios, utilizados en la conducción del agua, se hace uso de un nomograma. El mismo es un instrumento gráfico de cálculo que relaciona los distintos accesorios y el diámetro interior de los mismos con la longitud equivalente en metros.

Tabla 18. Componentes y longitud de pérdidas

Componente	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud total
Caño termofusión	1	-	1,2 [m]
Manguera	1	-	1,5 [m]
Codo a 90°	2	0,4 [m]	0,8 [m]
Te	3	0,8 [m]	2,4 [m]
Estrechamiento	4	0,2 [m]	0,8 [m]
		<b>Total</b>	<b>6,7 [m]</b>

- **Pérdida de carga:**

Finalmente se determina la pérdida de carga en el sistema de conductos, debido a las pérdidas primarias. Reemplazando en la ecuación (XII):

$$H_r = \frac{0,036 * 6,7 [m] * (0,44 [m/s])^2}{2 * 9,81 [m/s^2] * 0,0127} = 0,19 [m. c. a.]$$

**Selección de la bomba:**

Las bombas se definen por el caudal y la presión o altura de elevación. Como ya se mencionó, el caudal total está dado por la suma de los caudales demandados por los aspersores, el mismo tiene un valor de 3,16 [l/min].

En cuanto a la presión, la misma surge de la suma de las pérdidas de carga determinadas anteriormente, de la altura estática a vencer y de la presión nominal de funcionamiento de los componentes de aspersión seleccionados. Sabiendo que la altura estática a vencer es de 1,7 [m.c.a.] y que la presión nominal de funcionamiento de los aspersores es de 30,6 [m.c.a.], procedemos entonces a determinar la altura de elevación total:

$$H_T = 0,19 [m. c. a.] + 1,70 [m. c. a.] + 30,60 [m. c. a.] = 32,49 [m. c. a.]$$

A continuación se realizará la selección de la bomba, es necesario aclarar previamente que se opta por una de tipo periférica, ya que provee presiones moderadas y caudales reducidos, además de ser el tipo de equipo más económico. Se optó por una bomba de la marca “Pluvius” (Figura 83). Mediante las magnitudes de presión y caudal necesarios, se ingresa a la gráfica de rendimiento de la bomba (Figura 84) y se selecciona el modelo correspondiente.



Figura 83. Bomba (“Pluvius”)

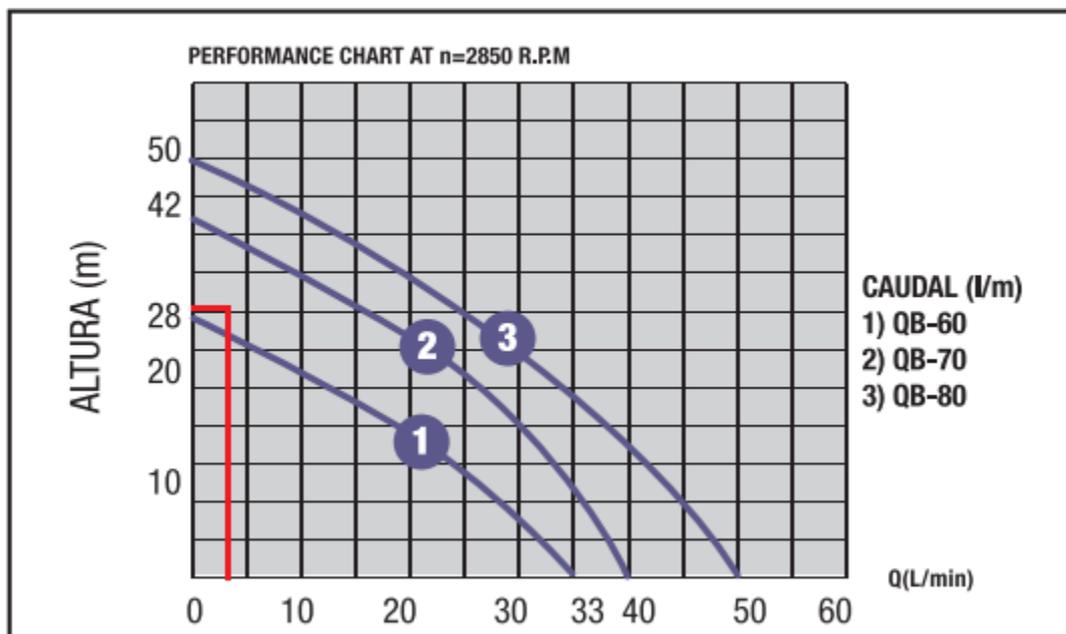


Figura 84. Curva de rendimiento de la bomba (“Pluvius”)

MODELO	ALT (m)	CAU (L/M)	SUC (m)	R.P.M.	POT		TEN (V)	FREC (Hz)
					(W)	(Hp)		
QB 60	28	33	7	2850	500	1/2	220	50
QB 70	42	40	7	2850	750	3/4	220	50
QB 80	50	50	7	2850	1000	1	220	50

Figura 85. Características técnicas de la bomba (“Pluvius”)

Podemos observar que la curva más cercana a los valores de presión y caudal requeridos es la del modelo “QB60”. Cabe aclarar que además de la presión ejercida por la bomba, se cuenta con la presión presente en la línea de entrada producto de la ubicación en altura del tanque de agua. Por lo tanto, la bomba seleccionada cumple correctamente los requisitos exigidos.

**Selección del filtro:**

Para proteger a los aspersores de partículas extrañas y prolongar su vida útil es necesario utilizar filtros. Existe la posibilidad de emplear boquillas con filtros integrados, pero esto aumenta la pérdida de carga y dificulta el mantenimiento, a la hora de limpiar los mismos.

Se decide utilizar un filtro único del tipo T, ubicado antes de la bomba. De esta manera se protege también el equipo mencionado y se facilita el mantenimiento y limpieza debido a las características del modelo.

Para seleccionar el filtro adecuado se debe tener en cuenta el tamaño de la malla de filtrado recomendada, según el diámetro del orificio de los aspersores. Para un diámetro de 0,89 [mm], se recomienda utilizar una malla de 50 [µm].

Mediante el catálogo del fabricante “*Spraying Systems*”, se selecciona un filtro modelo “122-PP” (Figura 86), con conexión de ¾ de pulgada. El mismo cuenta con vaso y cabeza de polipropileno, lo que le brinda resistencia a la

corrosión. Además, dicho modelo cuenta con mínima pérdida de carga, por lo tanto no es necesario considerar la misma, teniendo en cuenta que la bomba seleccionada cumple en exceso con la presión necesaria.



*Figura 86. Filtro tipo T 122-PP (“Spraying Systems”)*

### **2.2.3 Diseños estructurales**

A continuación se expone el desarrollo de los diseños estructurales correspondientes a la cinta transportadora II. Para este propósito, se tuvieron en cuenta las recomendaciones del fabricante sobre el dimensionamiento de la misma.

#### **Pistas de deslizamiento:**

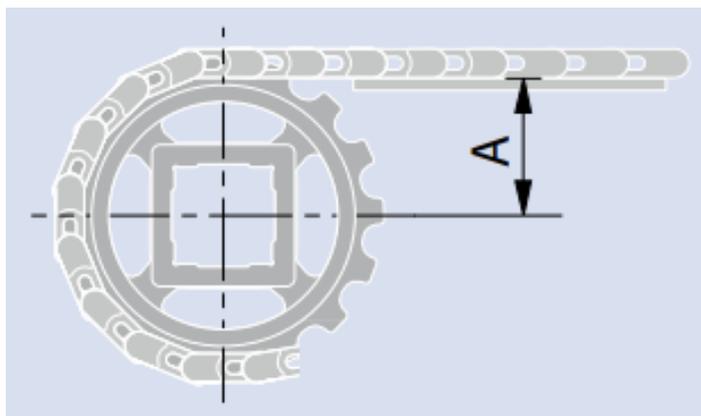
La banda estará soportada por las denominadas pistas de deslizamiento, estas conforman la superficie de apoyo sobre la cual deslizará la banda modular. Para las condiciones de funcionamiento presentadas en nuestro caso (carga baja y velocidad baja), el fabricante recomienda la utilización de pistas de deslizamiento plásticas. Entre los tipos de polímeros sugeridos se encuentra el PEAD (polietileno de alta densidad), siendo éste uno de los materiales trabajados en Quanta.

Por lo mencionado, se opta por utilizar pistas de deslizamiento de PEAD, las cuales podrán ser fabricadas sin inconvenientes por la empresa, lo que implica una reducción en los costos. Otra ventaja de este material es su resistencia a la oxidación y corrosión producida por el agua, sin la necesidad de grandes inversiones, como sería el caso de utilizar acero inoxidable.

El fabricante de la banda aconseja un ancho, para las tiras, de entre 30 y 40 [mm] aproximadamente. Por tal motivo, se decide optar por un ancho de 35 [mm], con un espesor de 20 [mm] que aportará resistencia y permitirá ocultar la cabeza de los tornillos de sujeción.

Respecto a la disposición de las pistas de deslizamiento, se opta por ubicarlas paralelas en línea recta, ésta es una solución económica para aplicaciones con cargas mínimas. En cuanto a la distancia de separación, se recomienda que la misma esté entre 100 y 150 [mm]. Teniendo en cuenta el ancho de la banda modular (450 [mm]), se define emplear 4 pistas, con una separación de 100 [mm] aproximadamente.

Por último, se define el posicionamiento en altura de las pistas de deslizamiento. Las mismas se deben disponer de forma tal que la superficie superior se encuentre posicionada entre las cotas mínimas y máximas permitidas. Estos valores se definen en la tabla de datos técnicos del piñón (ver Figura 72).



*Figura 87. Altura de la pista de deslizamiento con respecto al centro del piñón*

Teniendo en cuenta que para el piñón seleccionado las medidas mínimas y máximas son 53 [mm] y 57 [mm] respectivamente, se define una altura de 55 [mm] respecto del centro del eje.

### **Travesaños:**

Son perfiles ubicados transversalmente que se encargan de soportar las cargas provenientes de las pistas de deslizamiento, para luego transmitir las a los perfiles laterales. El tamaño y separación depende de la carga a transmitir. Se decide utilizar perfiles macizos de sección rectangular del mismo material que las pistas de deslizamiento (PEAD) debido a que, como ya se mencionó, es resistente a la oxidación y corrosión, es un material económico y soporta satisfactoriamente las cargas a las cuales será sometido.

Las dimensiones de la sección de los travesaños son 60x30 [mm], dichas cotas son recomendadas por fabricantes de dichos equipos. Se define un total de 5 perfiles, con una separación de 550 [mm]. Los mismos estarán sujetos por medio de tornillos, en los extremos, a perfiles escuadras, que a su vez estarán unidos por medio de soldadura a los perfiles laterales. Dichos perfiles escuadras serán de 38,1 [mm] (1,5 pulgadas) de ala y un espesor de 3,2 [mm].

### **Perfiles laterales:**

Son los encargados de llevar las cargas que provienen desde los travesaños hacia las patas. En estos elementos se fijan, además de los travesaños y patas, los bordes de contención, los soportes de rodamientos, el soporte del conjunto motriz, la bandeja de escurrimiento, entre otros.

Para la conformación de los laterales en cuestión se decide utilizar perfiles del tipo C, de acero laminado en caliente. Las dimensiones de los mismos (Figura 88) se adoptaron teniendo en cuenta la resistencia

estructural y el espacio necesario para fijar los elementos anteriormente descritos.

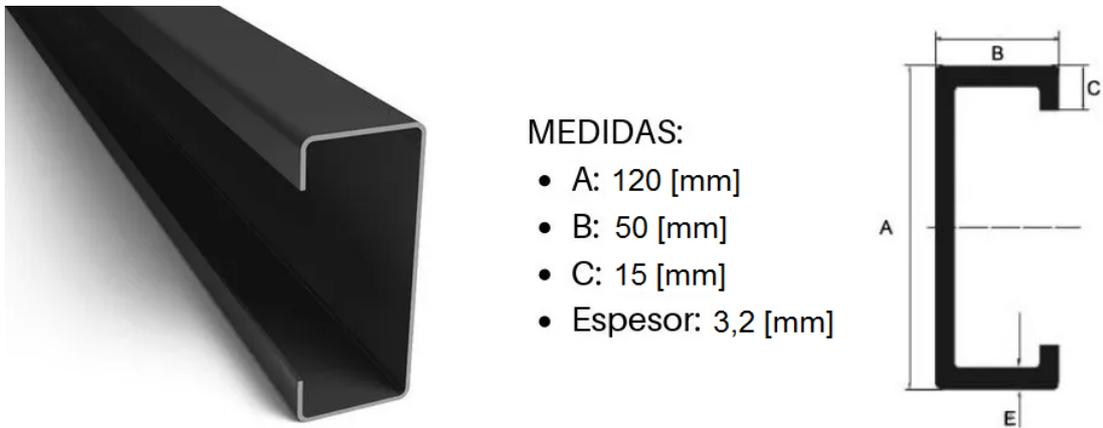


Figura 88. Características perfil C (“Ternium Siderar”)

La disposición de los perfiles laterales será con las alas hacia afuera del transportador. En cuanto a la separación entre los mismos, se tiene en cuenta el ancho de la banda modular y la variación producto de la expansión térmica. Para tener en cuenta el efecto térmico, el fabricante recomienda una separación mínima entre la banda y el perfil lateral de 2 [mm]. Finalmente se opta por una separación entre perfiles de 460 [mm], dejando un espacio de 5 [mm] a ambos lados de la banda.

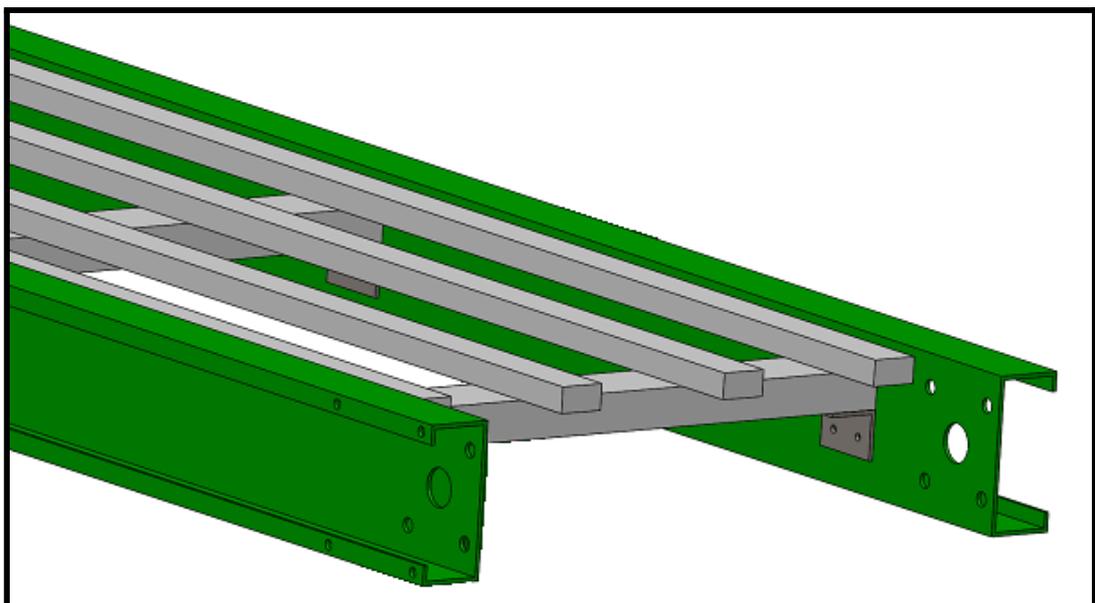


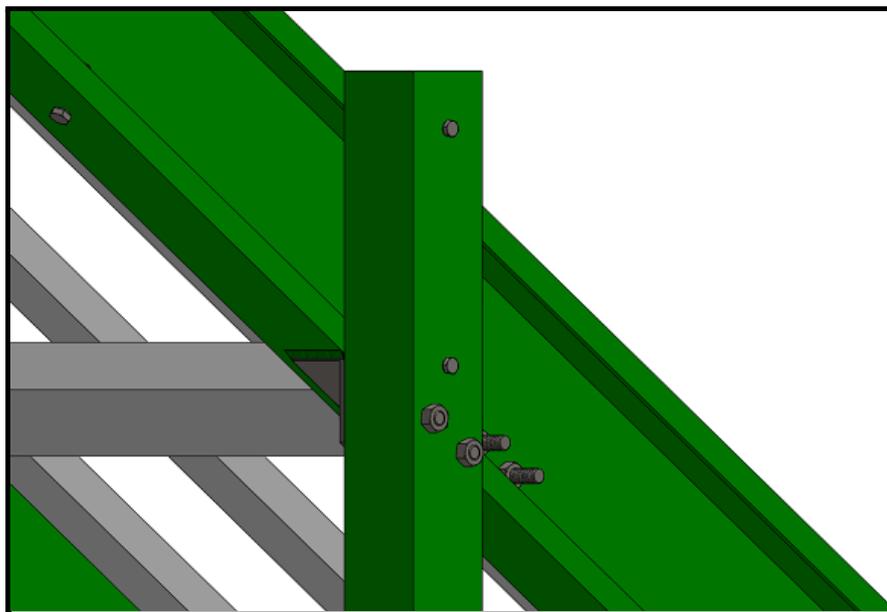
Figura 89. Disposición de los perfiles laterales (modelo realizado en “Solidworks”)

Se debe aclarar que los perfiles serán pintados con esmalte epoxi, apto para exteriores y superficies metálicas. De este modo se da una correcta protección ante la posible oxidación y corrosión a la que está expuesto el transportador.

### **Patatas del transportador:**

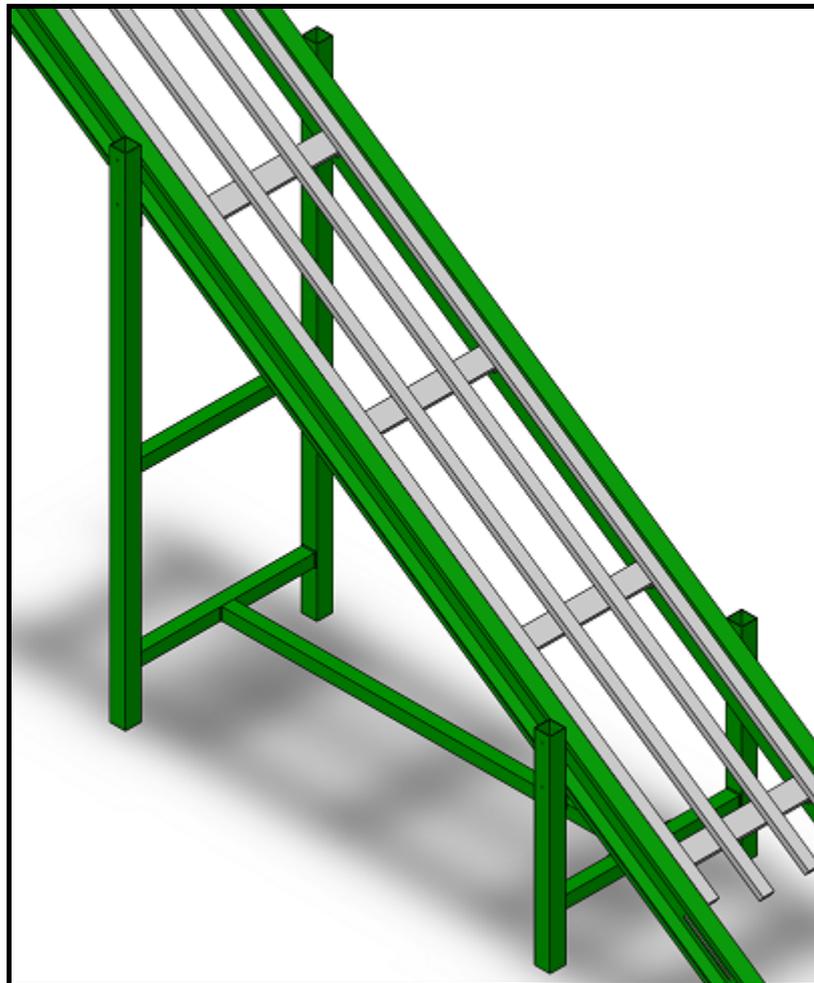
Son las partes del transportador que tienen la finalidad de transmitir las cargas provenientes de los perfiles laterales y llevarlas hacia el suelo. Para su construcción se utilizará perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 50x50 [mm] y un espesor de 3,2 [mm].

Se ubicarán cuatro patas en total, dos en la zona inferior y dos en la zona superior del transportador, con una longitud de 640 [mm] y 1700 [mm], respectivamente. Las mismas estarán unidas lateralmente, sobre la parte externa del perfil tipo C, sujetadas por medio de tornillos (Figura 90) en ambos pliegues y en el ala inferior, mediante la utilización de perfil escuadra con las mismas características del empleado para soportar los travesaños. De esta manera se facilita el montaje y desmontaje, en caso que se requiera, de las patas del transportador.



*Figura 90. Vista en detalle de la unión (modelo realizado en "Solidworks")*

Se utilizará perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 40x40 [mm] y un espesor de 2 [mm], para realizar refuerzos estructurales. Se unirán lateralmente las patas inferiores entre sí mediante un perfil. En cuanto a las patas superiores se realizará el mismo procedimiento utilizando dos perfiles del mismo tipo a diferentes alturas. También se realizará una vinculación de manera longitudinal, con el fin de obtener una estructura más resistente y estable.



*Figura 91. Vinculaciones estructurales (modelo realizado en "Solidworks")*

Por último, se colocarán patas niveladoras roscadas con regulación (Figura 92), mediante el uso de adaptadores o insertos para caño cuadrado (Figura 93). Los mismos serán ensamblados en los extremos de las patas del transportador con el fin de permitir una regulación precisa de la altura del

equipo, de esta manera se posibilita adaptar esta cota en caso de ser necesario.

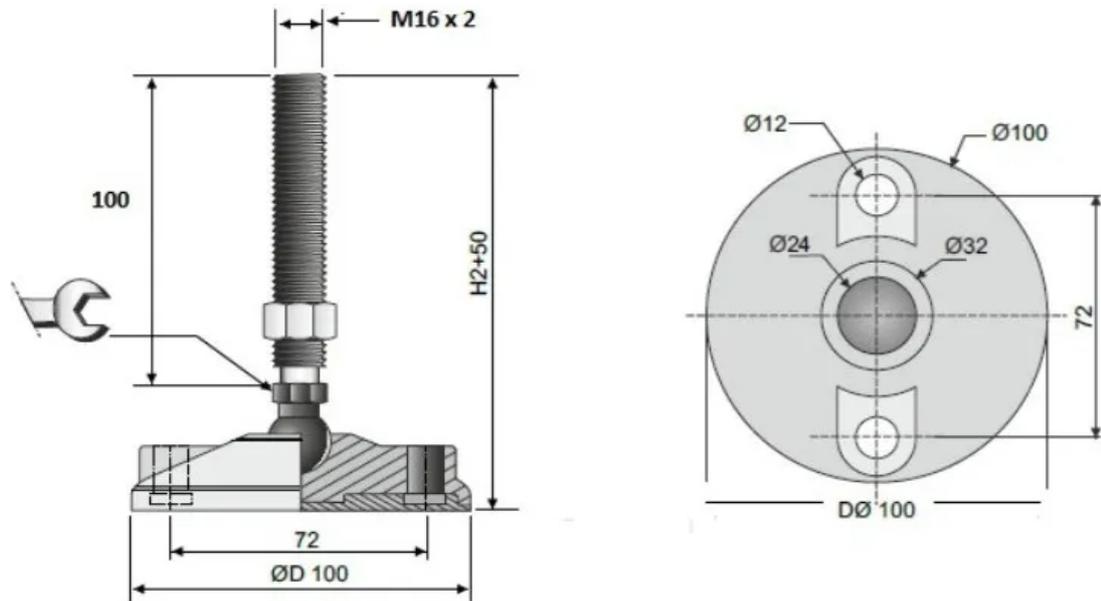


Figura 92. Pata niveladora roscada (“MDC Componentes Industriales”)

**Inserto Caño Cuadrado  
c/ Buje Roscado M16x2  
Para Patas de Maquina  
\* Para pared 3.2 mm**

CARGA MÁXIMA APLICABLE

P=5000 N

DESC.	PESO	A	B	D	F
50X50	90 g	50	43.6	38	48

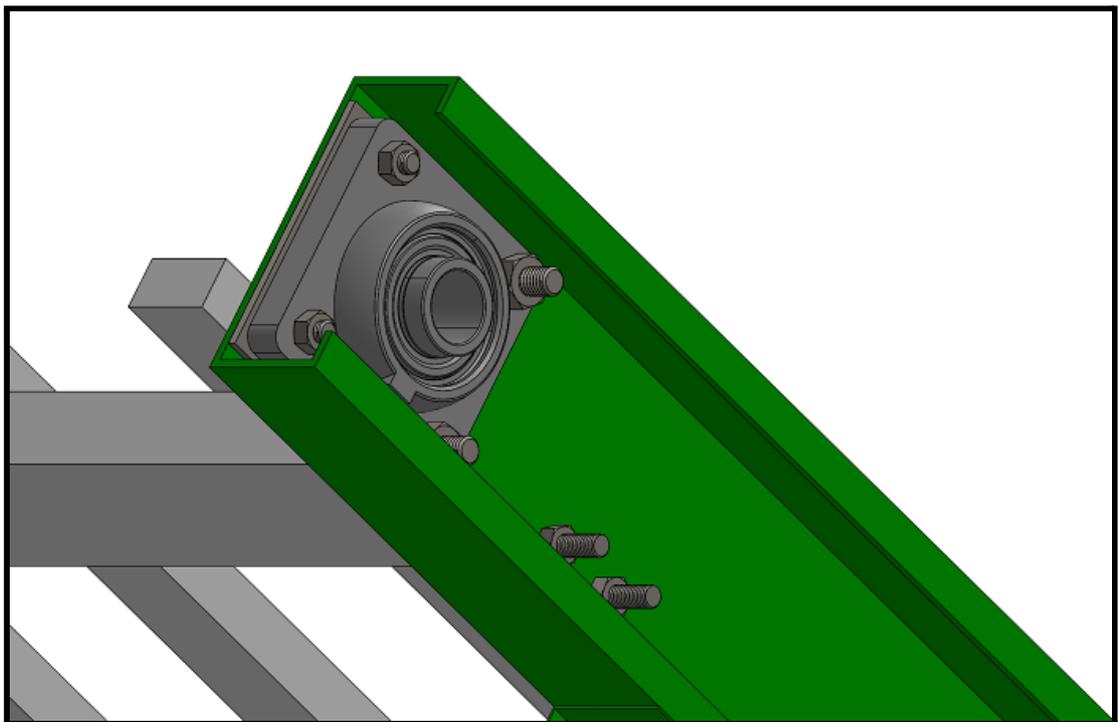
Figura 93. Inserto para caño cuadrado (“MDC Componentes Industriales”)

### Disposición de rodamientos:

Los soportes de los rodamientos se ubicarán centrados verticalmente con respecto a los perfiles laterales. Por lo tanto las pistas de deslizamiento

quedarán ubicadas a 25 [mm] por debajo del ala superior de ambos perfiles C, teniendo en cuenta la altura definida por recomendación del fabricante.

Teniendo en cuenta que, por cuestiones funcionales, el eje motriz estará ubicado en el extremo superior del transportador, los soportes de rodamientos estarán fijados en su posición. Los mismos se dispondrán sobre una placa de acero SAE 1010 de 3,2 [mm] de espesor para brindar una mayor resistencia estructural. Este conjunto será unido a los perfiles laterales por medio de tornillos (Figura 94).



*Figura 94. Soporte superior de rodamientos (modelo realizado en "Solidworks")*

En cuanto a los soportes inferiores, que contienen los rodamientos y el eje de reenvío, contarán con la posibilidad de ser regulados longitudinalmente mediante ranuras realizadas en los perfiles laterales, que posibiliten el movimiento del eje y de los tornillos de fijación. Este diseño se lleva a cabo con el fin de facilitar la colocación de la banda modular y poder realizar el posterior tensado de la misma. Se incluirán dos placas de acero SAE 1010, de 3,2 [mm] de espesor, una de ellas con el motivo de aumentar

la resistencia estructural y la otra con el fin de poder ubicar un tornillo de regulación y fijación (Figura 95).

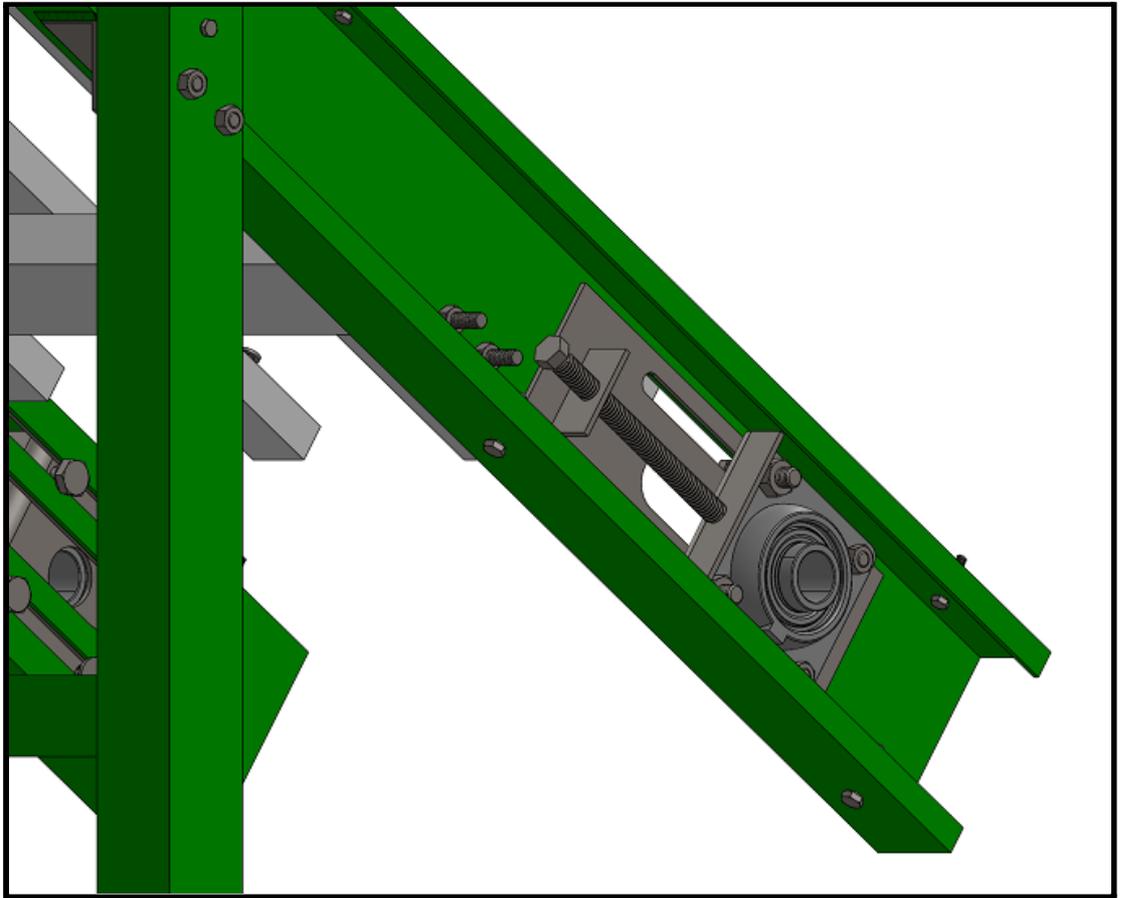


Figura 95. Soporte inferior de rodamientos (modelo realizado en "Solidworks")

### **Bordes de contención:**

Se agregarán bordes laterales a lo largo del transportador con el fin de guiar el material durante su recorrido, evitando la caída del mismo por los lados de la banda modular. Para esto se decide emplear dos perfiles galvanizados de sección tipo U, con dimensiones de 100x35 [mm] y con un espesor de 0,9 [mm].

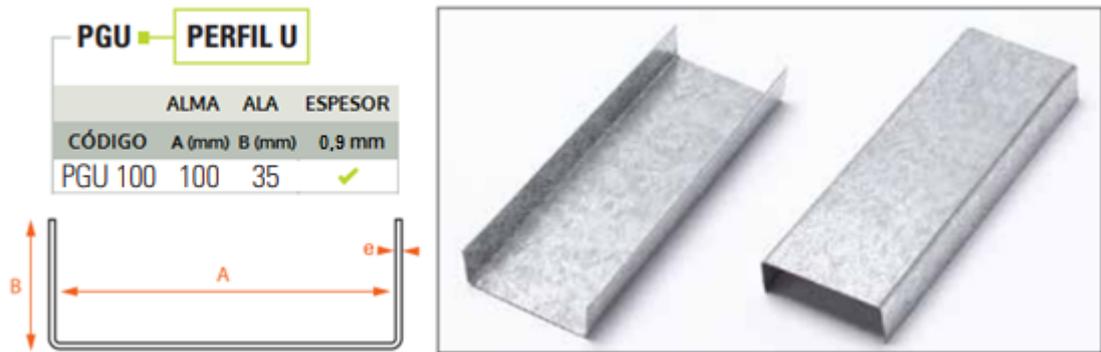


Figura 96. Características perfil U (“Perfiles JMA”)

Ambos perfiles se fijarán a través de sus alas con las alas de los perfiles laterales estructurales. Para esto se utilizarán tornillos autoperforantes.

### **Tira de contención:**

Para evitar que el material a transportar descienda hacia atrás al ingresar al transportador, en el momento en que no haya una pala de arrastre pasando por el lugar, se decide colocar en la zona inferior del transportador una tira de contención de PVC transversal. La misma estará soportada por un perfil de aluminio, atornillado sobre el ala de los bordes de contención.

La tira de PVC tendrá un espesor de 1,5 [mm], con un ancho de 450 [mm], de manera de cubrir toda la extensión de la banda modular, y un alto de 100 [mm], al igual que los bordes de contención. La ubicación de la misma será de manera perpendicular a la banda y podrá pivotar libremente al ser empujada por las palas de arrastre, cuando las mismas pasen por el lugar, volviendo luego a su posición.

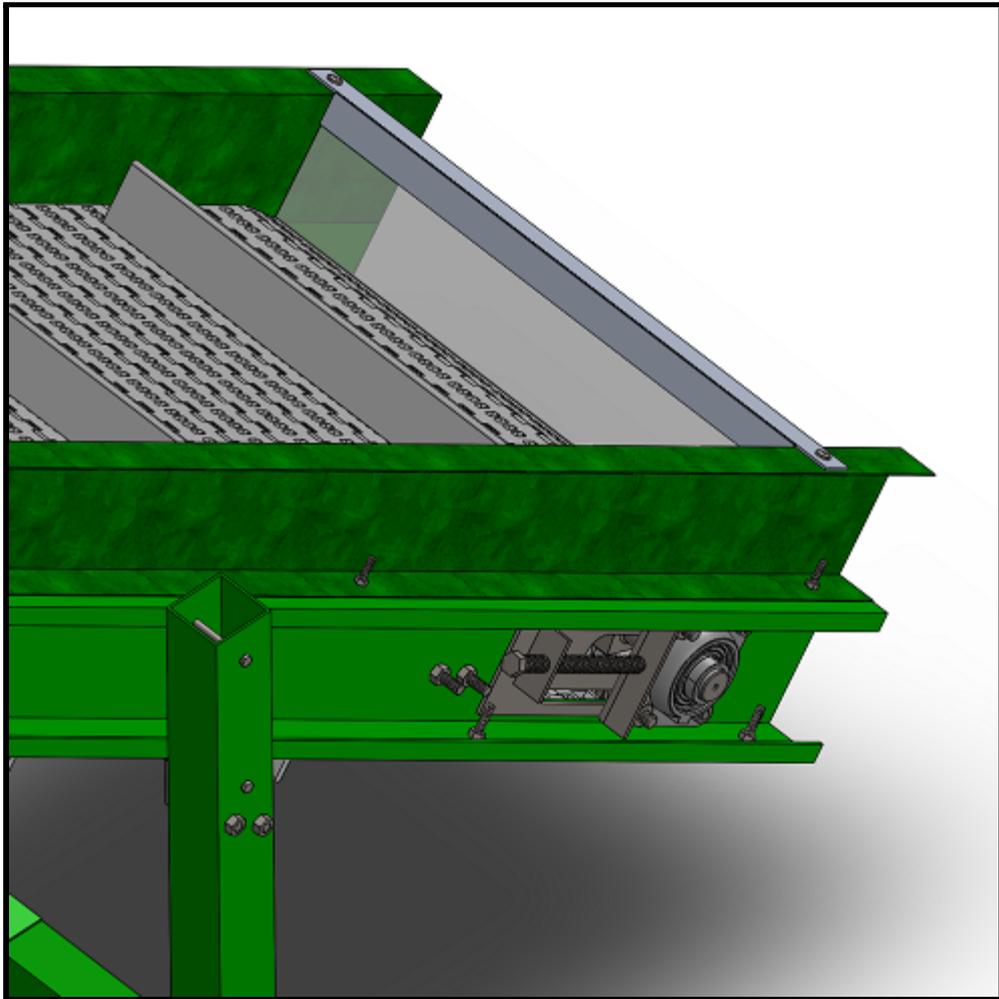


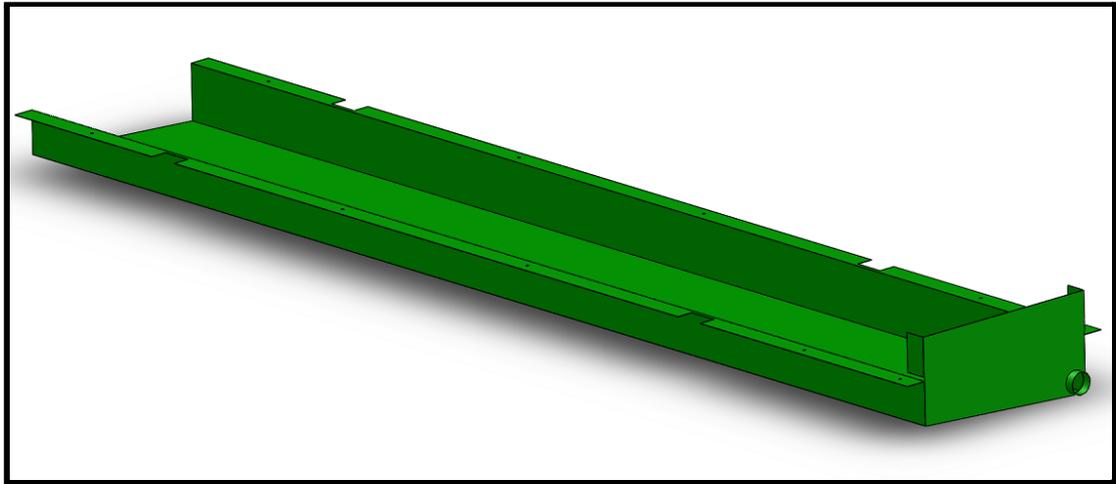
Figura 97. Tira de contención (modelo realizado en “Solidworks”)

### **Bandeja de escurrimiento:**

Se incorporará una bandeja de escurrimiento, debajo de la banda modular, capaz de contener y canalizar los líquidos drenados del material transportado. La misma estará construida de chapa lisa galvanizada, al igual que los bordes de contención, considerando la exposición constante al agua y otros fluidos. El espesor adoptado es de 0,9 [mm].

La chapa será plegada en forma de U, con un cierto grado de inclinación hacia un lado. Además, se realizará un pliegue en ambos costados, con el fin de obtener una superficie que posibilite la sujeción entre el ala de los perfiles laterales y la bandeja en cuestión. La unión se realizará por medio

de tornillos, facilitando el montaje y desmontaje de la misma, en caso que sea necesario.



*Figura 98. Bandeja de escurrimiento (modelo realizado en "Solidworks")*

En el extremo inferior de la bandeja de escurrimiento, sobre el lado inclinado, se colocará una manguera flexible de PVC, con un diámetro interno de 50 [mm], que permitirá dirigir los fluidos hacia el sistema de drenaje del sector de molienda.

#### **Soporte de conjunto motriz:**

Para soportar el conjunto motriz, en su posición correspondiente, se utilizarán dos planchuelas de acero laminado en caliente (LAC) de ancho 25,4 [mm] y espesor 6,35 [mm]. Las mismas serán plegadas en ángulo recto con el fin de conformar dos soportes, similares a una ménsula, que serán sujetos mediante soldadura al perfil lateral y brindarán sostén a la caja reductora la cual estará fijada mediante tornillos. El motor estará dispuesto de manera suspendida, acoplado mediante la respectiva brida (designación B14). A continuación, en la Figura 99, se puede observar el soporte y la disposición del conjunto motriz.

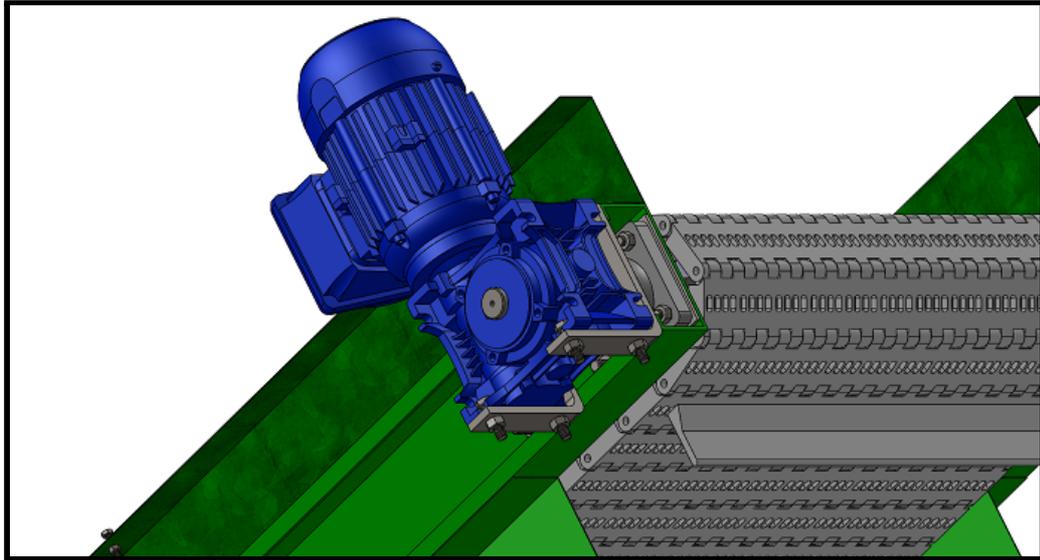


Figura 99. Soporte y conjunto motriz (modelo realizado en "Solidworks")

**Soporte del sistema de aspersión:**

El sistema de aspersión estará soportado en dos puntos por una estructura en arco, construida con tubo estructural cuadrado de acero de 10x10 [mm] con un espesor de 1,2 [mm]. Ambas estructuras estarán sujetas por sobre los bordes de contención, atornilladas al ala de los mismos. Las dimensiones de los arcos dependen de la diferencia de cota entre las boquillas aspersoras y la banda modular. La diferencia necesaria para aprovechar eficientemente el ángulo de aspersión en todo el ancho de la banda es de 160 [mm].

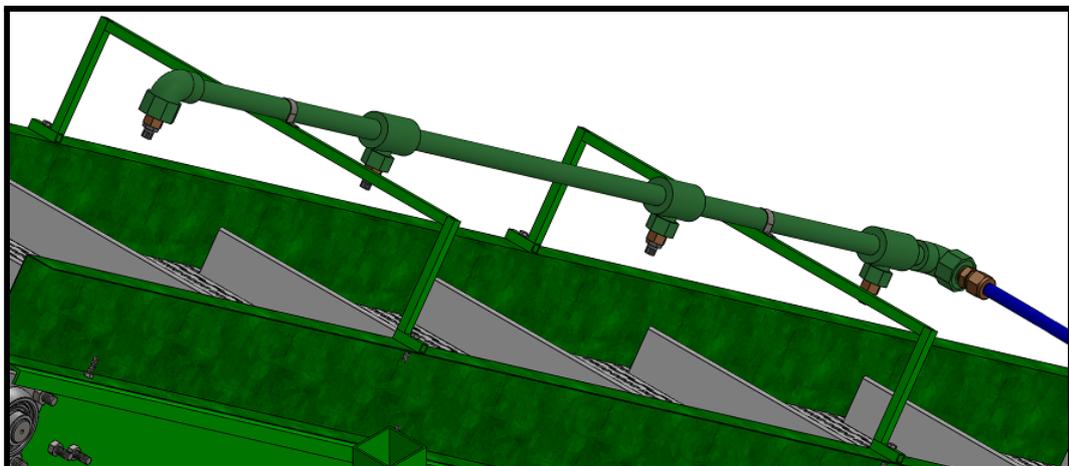


Figura 100. Soporte del sistema de aspersión (modelo realizado en "Solidworks")

En cuanto a la bomba, la misma estará ubicada sobre una placa de acero LAF, de 6,35 [mm] de espesor, que será dispuesta sobre los travesaños de las patas del transportador. Dicha placa se unirá mediante soldadura a la ya mencionada estructura.

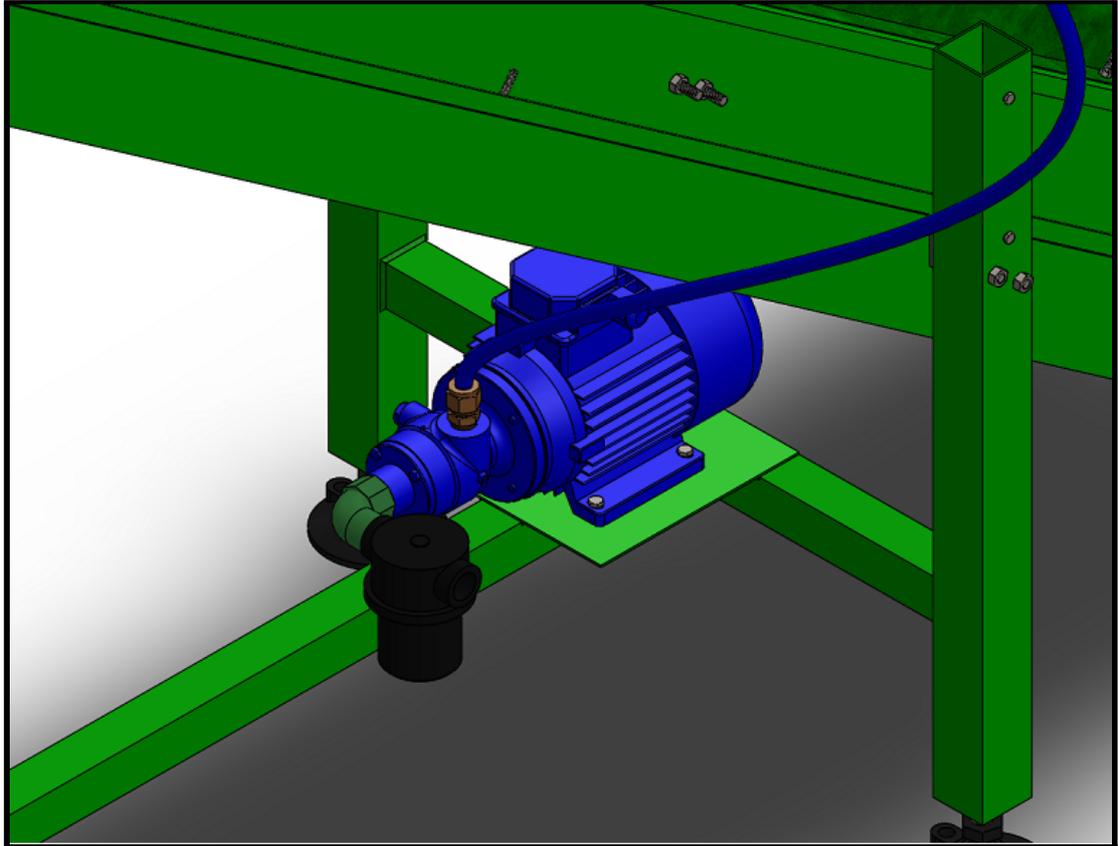


Figura 101. Soporte de la bomba de aspersión (modelo realizado en "Solidworks")

### **Tolva de carga directa:**

Como se ha mencionado, la secuencia de operaciones realizadas a la materia prima puede variar según el tamaño de la materia. En el caso de procesar material considerado de "tamaño pequeño", el proceso productivo comienza en la cinta transportadora II, ya que no se requiere de la primera etapa de trituración en el molino a martillos.

Para esto, es necesario que el transportador cuente con una estructura que permita la acumulación de material, cargado de forma manual,

graduando la alimentación a la cinta transportadora II y por consiguiente, al molino a cuchillas. Esto se lleva a cabo para permitir que el operario tenga cierto grado de independencia una vez cargada la tolva, reduciendo el tiempo global necesario para la alimentación.

La tolva estará conformada por chapa LAF de 1,25 [mm] de espesor. Se conformará de tal manera de obtener un volumen total de carga de aproximadamente 600 [l] y se adapte al espacio disponible en el sector.

Para soportar la tolva se conformarán cuatro patas laterales, utilizando perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 50x50 [mm] y un espesor de 3,2 [mm], al igual que para las patas de la cinta transportadora. De la misma manera, se usará inserto para caño cuadrado (ver Figura 93), con el fin de utilizar dos patas niveladoras roscadas (ver Figura 92) en un extremo y dos ruedas industriales con freno y soporte giratorio (Figura 102), con tornillo M16.



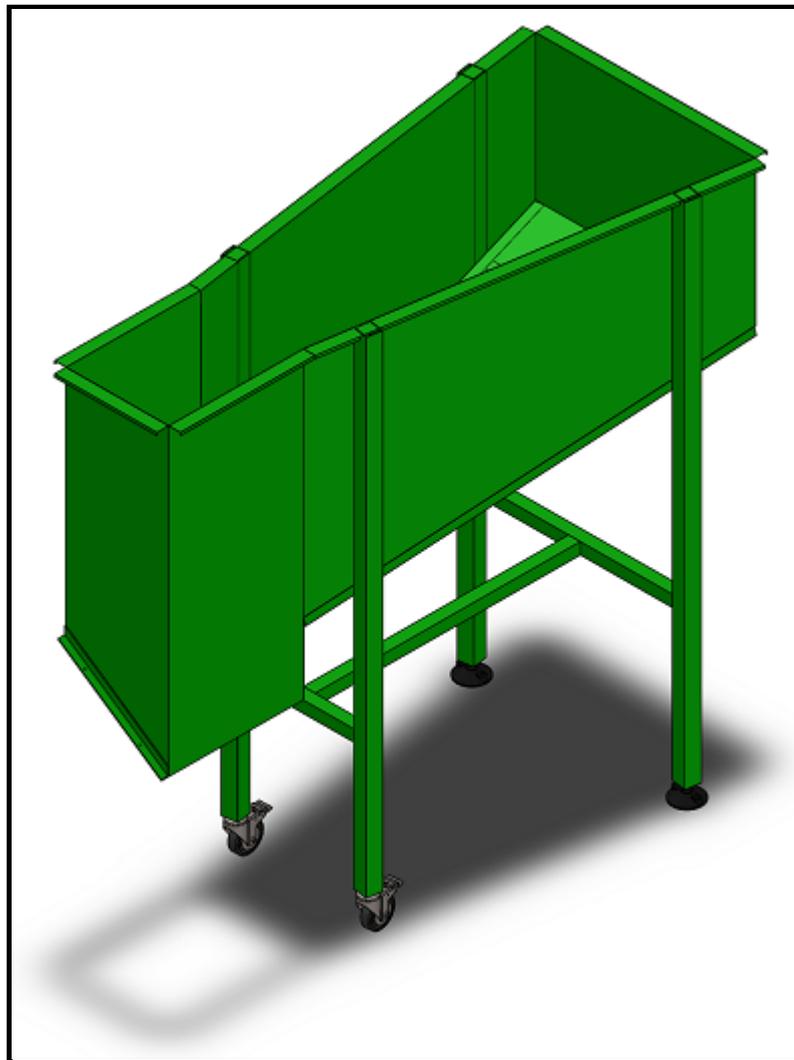
*Figura 102. Rueda industrial giratoria con freno*

Se utilizará perfil en ángulo de alas iguales de 25,4 [mm], de acero LAC y espesor 3,2 [mm] (1/8 de pulgada), para sujetar mediante tornillos la tolva a uno de los laterales de contención de la cinta transportadora. De este modo, la estructura de carga podrá ser removida fácilmente, en el caso que se

requiera, extrayendo los tornillos de sujeción y permitiendo trasladar la tolva con la ayuda de las ruedas, una vez liberado el freno de las mismas.

Por último, se debe mencionar que se adicionarán refuerzos por debajo de la tolva de perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 10x10 [mm] y un espesor de 1,2 [mm]. A su vez, se utilizará perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 30x30 [mm] y un espesor de 2 [mm], como refuerzo estructural de las patas.

A continuación, se presentan imágenes con vistas en perspectiva, superior y lateral, de la tolva de carga directa.



*Figura 103. Vista en perspectiva (modelo realizado en "Solidworks")*

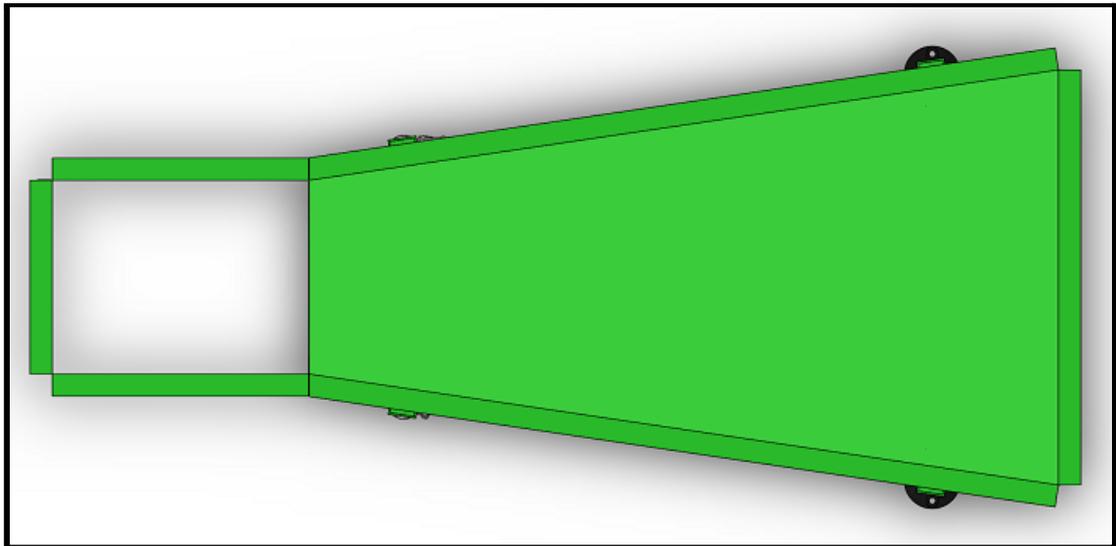


Figura 104. Vista superior (modelo realizado en "Solidworks")

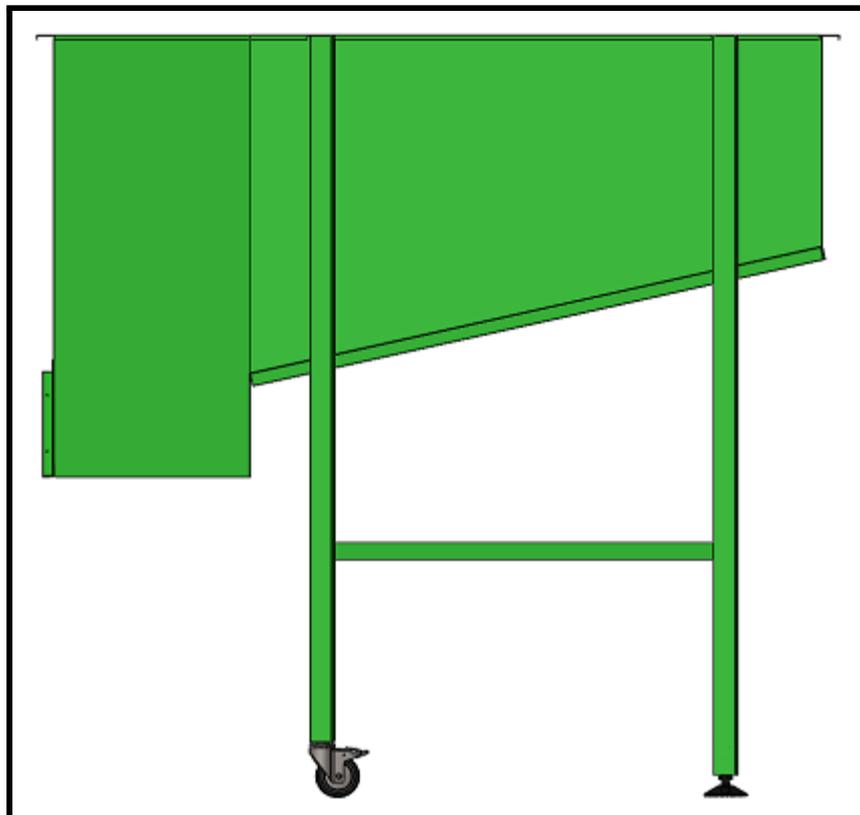
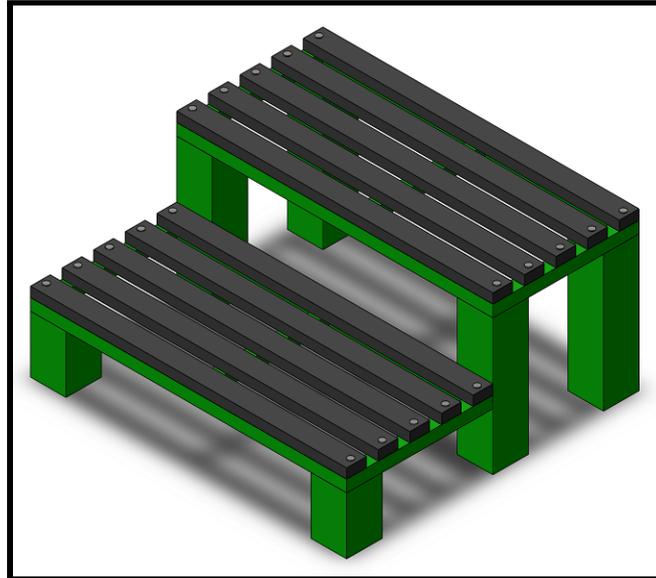


Figura 105. Vista lateral (modelo realizado en "Solidworks")

Debido a la altura total que presenta la tolva (1,8 [m]), es necesario adicionar al conjunto una estructura con escalones, para facilitar el trabajo del operario al momento de llevar a cabo la carga de material, reduciendo el

esfuerzo físico necesario. Para esto se aprovecha una estructura con dos escalones (Figura 106), existente actualmente en el sector de la empresa, que queda sin utilización debido a la redefinición del proceso productivo.



*Figura 106. Escalones (modelo realizado en "Solidworks")*

#### **2.2.4 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos**

A continuación se exponen algunas imágenes del modelo final de la cinta transportadora II, sin la tolva de carga directa.



Figura 107. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "Solidworks")

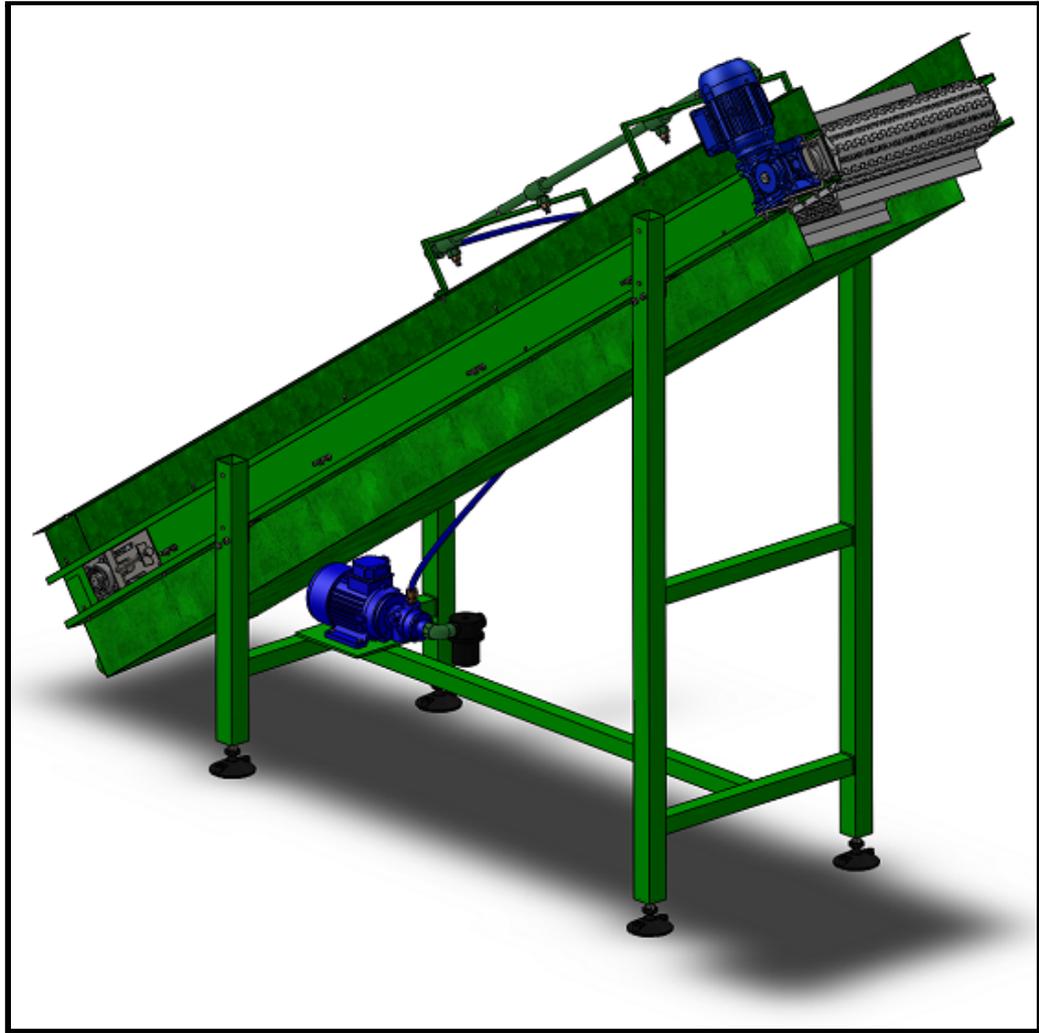
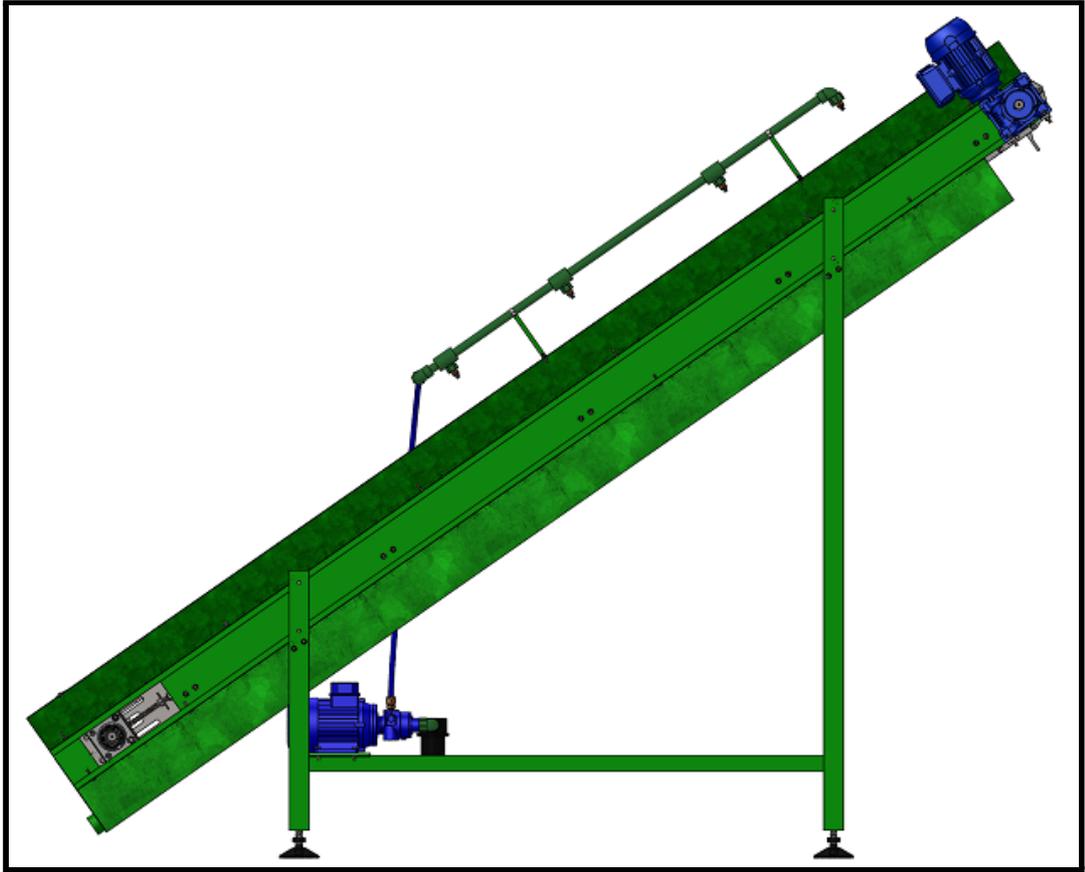
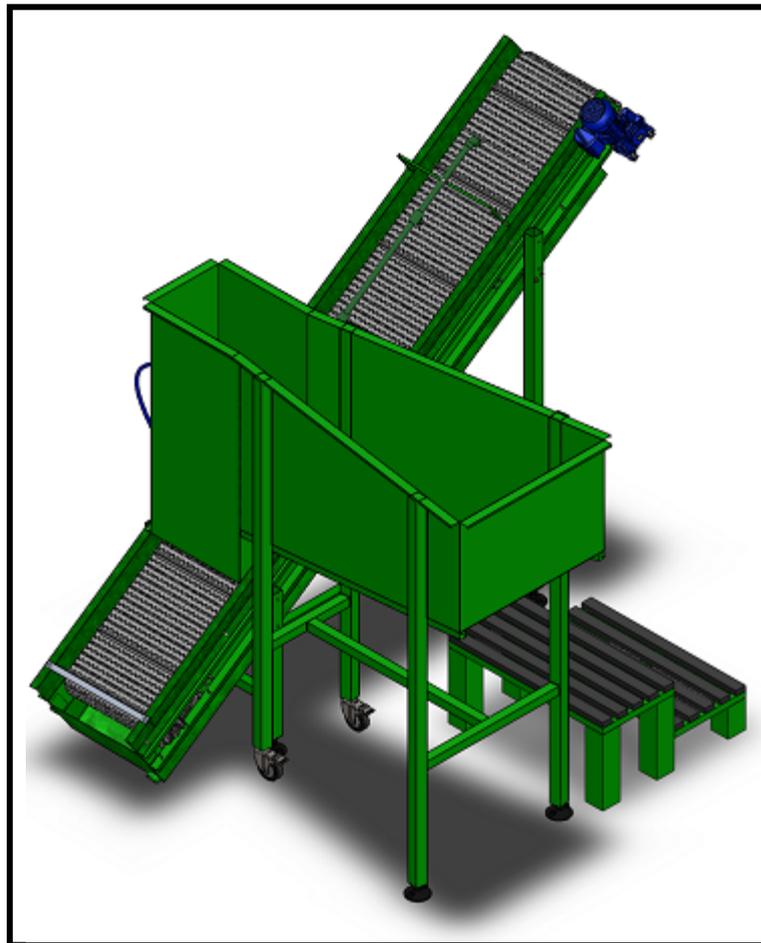


Figura 108. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "Solidworks")



*Figura 109. Vista lateral (modelo realizado en "Solidworks")*

Seguidamente se exponen algunas capturas correspondientes al ensamble de la cinta transportadora II y la tolva de carga.



*Figura 110. Vista en perspectiva del ensamble (modelo realizado en "Solidworks")*

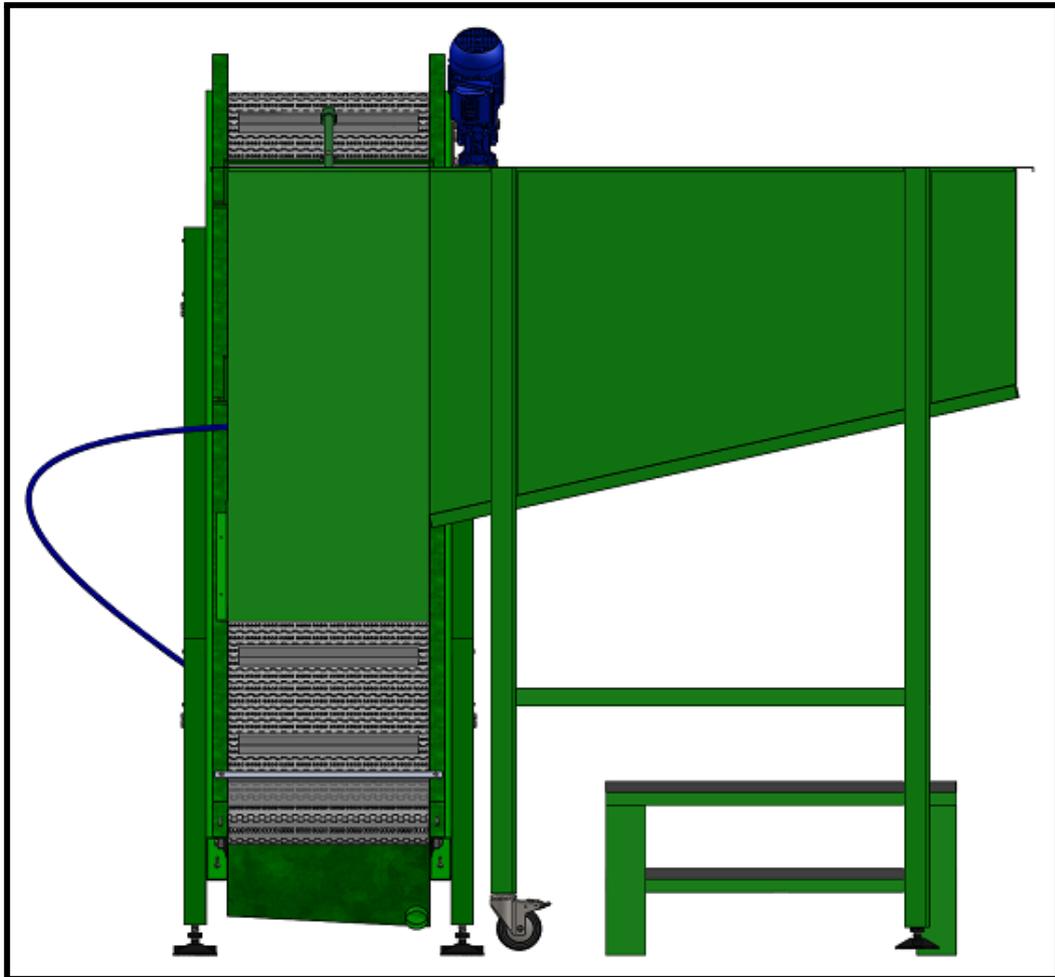


Figura 111. Vista frontal del ensamble (modelo realizado en "Solidworks")

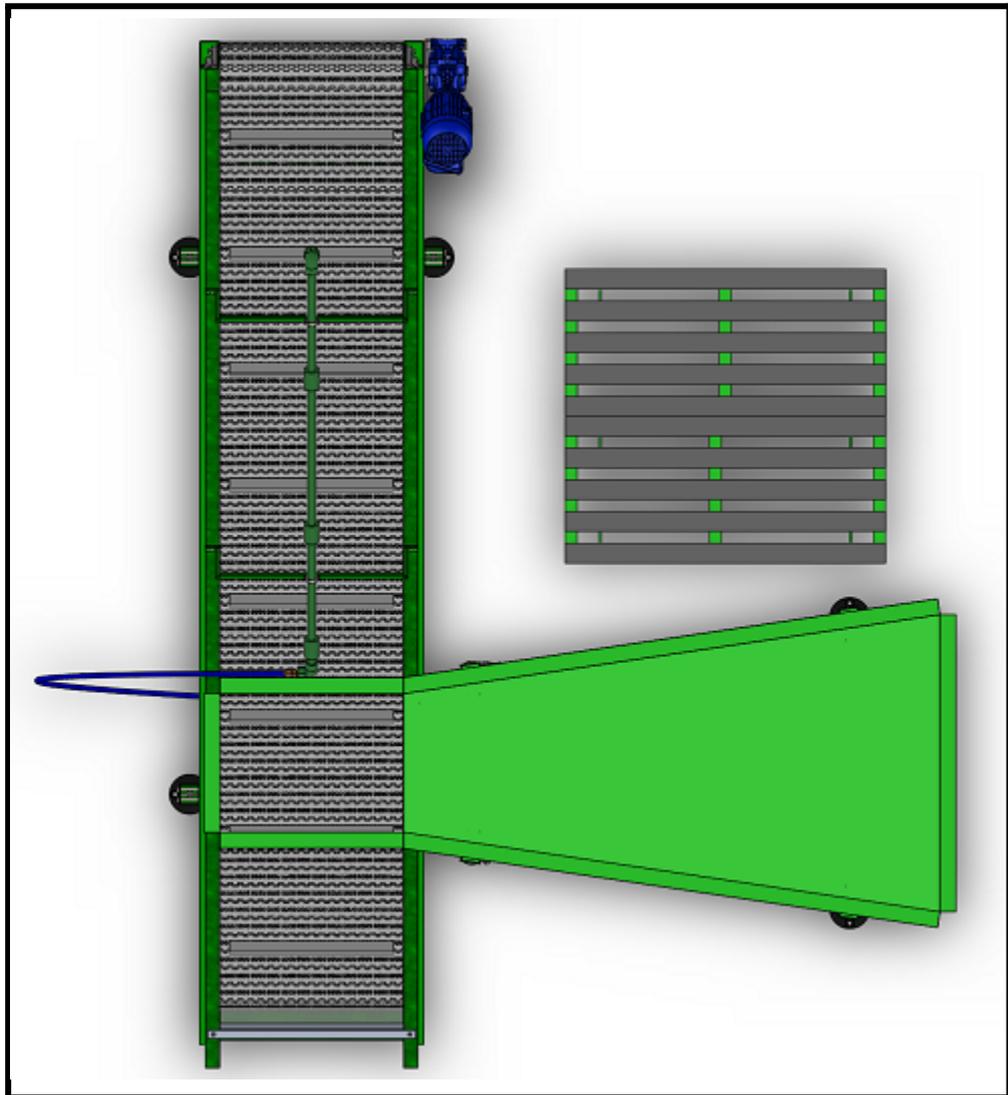


Figura 112. Vista superior del ensamble (modelo realizado en "Solidworks")

Por último se presenta un resumen de los principales datos técnicos del equipo.

Datos técnicos:

*Tabla 19. Datos técnicos de la cinta transportadora II*

Cinta transportadora II		
Características		Datos
Motor	Potencia	0,25 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Velocidad angular	1500 [rpm]
Reductor	Tipo	Tornillo sin fin y corona
	Relación	100:1
Bomba	Potencia	0,5 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 [V]
	Velocidad angular	2850 [rpm]
	Presión	28 [mca]
	Caudal	33 [l/min]
General	Distancia entre ejes	2800 [mm]
	Ángulo de inclinación	35°
	Banda modular	S1-18 FLT
	Perfiles de banda	S1-18 FLT PMC

Para mayores detalles constructivos y dimensiones se puede observar el Anexo A (18 a 29) donde se encuentran los planos del equipo.

## 2.3 Tanque de lavado

Se procede a diseñar y calcular el sistema de palas rotativas para llevar a cabo la limpieza del material molido, con su respectivo sistema de extracción ubicados en el tanque disponible en Quanta, que cuenta con las siguientes dimensiones (Figura 113):

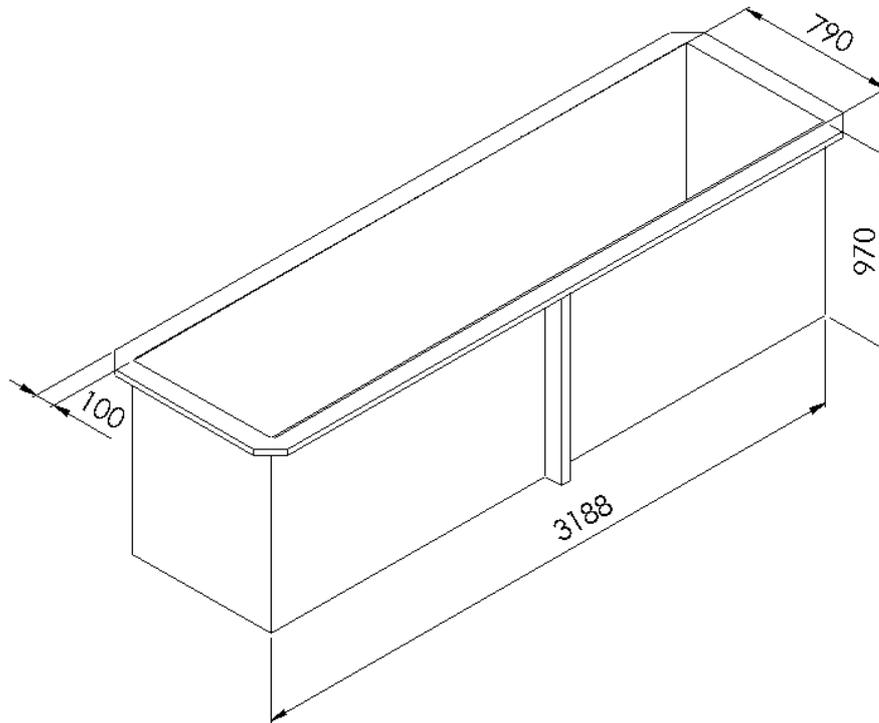


Figura 113. Medidas principales del tanque de lavado

Aclaración: cotas en [mm]

### 2.3.1 Cálculo y diseño de las palas rotativas

En primer lugar se diseñan las palas rotativas teniendo en cuenta las medidas del tanque a utilizar. Las mismas tendrán un formato similar al expuesto con anterioridad en el anteproyecto (ver Sección 5.1.3).

Para determinar el diámetro de los discos laterales que contienen las palas, se definió, en primer lugar, una separación entre el pelo de agua y la superficie superior del tanque de 90 [mm]. Esta cota tendrá un valor mínimo

de 80 [mm] y un valor máximo de 100 [mm], esto se debe a la variación del nivel del agua como consecuencia de la extracción del material y diversas pérdidas que se presentan en el proceso de lavado. Además, se fijó una longitud de margen para considerar de esta manera el radio del eje y la altura del soporte del mismo. Luego de analizar los anteriores parámetros se estableció un diámetro de 450 [mm] para los discos laterales del conjunto.

En cuanto a las palas rectangulares se determinó utilizar 6 en total, repartidas simétricamente en la circunferencia, cada una con un largo de 750 [mm], dado el espacio disponible, dejando un margen de 20 [mm] a cada lado entre el conjunto y el lateral interno del tanque, y una altura de 150 [mm]. Cabe aclarar que las mismas serán sumergidas parcialmente, para lograr un mejor desplazamiento del material. Dichas dimensiones se pueden visualizar en el siguiente esquema (Figura 114).

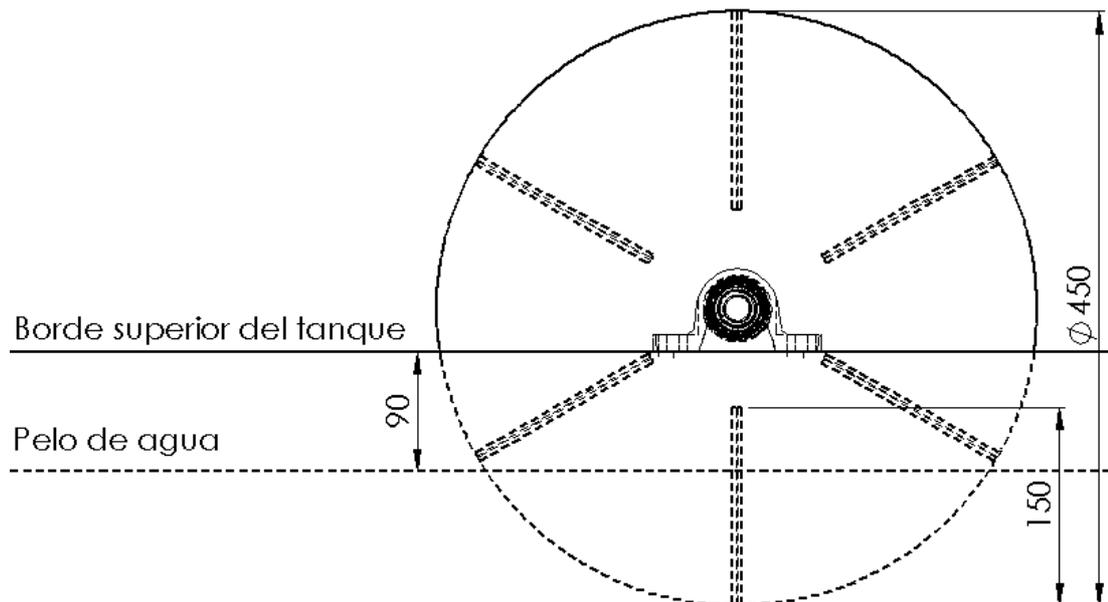


Figura 114. Vista lateral de la pala rotativa ubicada en el tanque

*Aclaración:* cotas en [mm]

### **Determinación de la fuerza de resistencia:**

La siguiente ecuación expresa la fuerza generada por la resistencia del agua debido al movimiento de un cuerpo sumergido en ella.

$$F = \frac{1}{2} * \delta * v^2 * C * A \quad (XIV)$$

Donde:  $F$ : Fuerza de resistencia del agua

$\delta$  : Densidad del agua

$v$  : Velocidad tangencial

$C$ : Coeficiente de resistencia hidrodinámica

$A$ : Proyección de área frontal

La velocidad tangencial se obtiene a partir de la velocidad angular con la que rotan las palas. Dicha velocidad se establece en 10 [rpm], siendo este un valor usualmente utilizado en sistemas similares en la industria.

$$v = n * r = \frac{10 \text{ [rpm]} * 2\pi}{60 \text{ [s/min]}} * 0,225 \text{ [m]} = 0,23 \text{ [m/s]}$$

El coeficiente de resistencia hidrodinámica es extraído de la siguiente tabla (Figura 115), para el caso de una placa ( $b/h = \infty$ ).

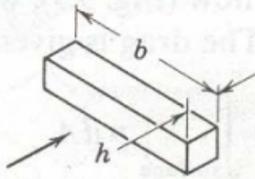
Object	Diagram	$C_D(Re \lesssim 10^3)$
Square cylinder		$b/h = \infty$ 2.05
		$b/h = 1$ 1.05

Figura 115. Coeficiente de resistencia hidrodinámica

En cuanto a la proyección del área, se determina por medio de las dimensiones de las palas, consideramos que la pala se encuentra sumergida unos 110 [mm].

$$A = b * h = 0,75 \text{ [m]} * 0,11 \text{ [m]} = 0,0825 \text{ [m}^2\text{]}$$

Reemplazando en la ecuación (XIV), siendo la densidad del agua 997 [kg/cm<sup>2</sup>], se obtiene la fuerza del agua sobre una pala:

$$F = \frac{1}{2} * 997 \text{ [kg/m}^3] * (0,23 \text{ [m/s]})^2 * 2,05 * 0,0825 \text{ [m}^2]$$

$$F = 4,46 \text{ [N]} = 0,45 \text{ [kgf]}$$

**Dimensionamiento de las palas rotativas:**

Para la construcción del conjunto de palas rotativas se utilizará chapa de acero laminada en frío (LAF). Dichas palas están sometidas principalmente a esfuerzos de flexión generados por la resistencia del agua. A continuación se realiza un análisis de resistencia con el fin de determinar el espesor de chapa.

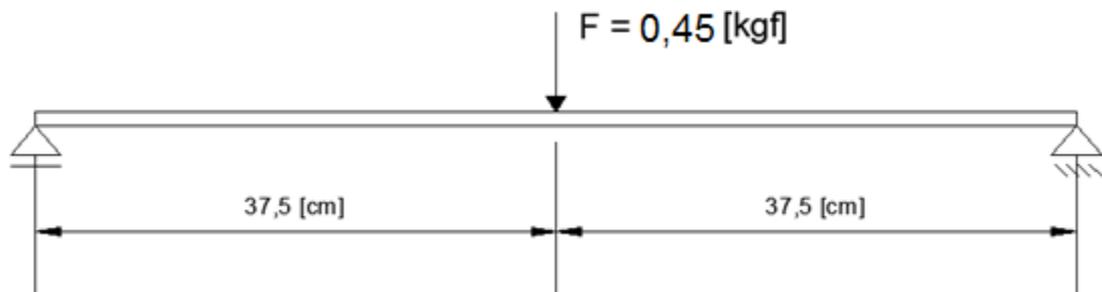


Figura 116. Diagrama de carga de la pala considerada simplemente apoyada

Por lo tanto el momento flector máximo es:

$$M_f = \frac{F * L}{4} = \frac{0,45 \text{ [kgf]} * 75 \text{ [cm]}}{4} = 8,44 \text{ [kg/cm}^2]$$

Pudiéndose expresar el momento flector de la siguiente manera

$$M_f = W * S_y \tag{XV}$$

Donde:  $W$ : Módulo de resistencia

$S_y$  : Resistencia de fluencia del material

Siendo el módulo de resistencia de la sección:

$$W = \frac{b * e^2}{6} \quad (XVI)$$

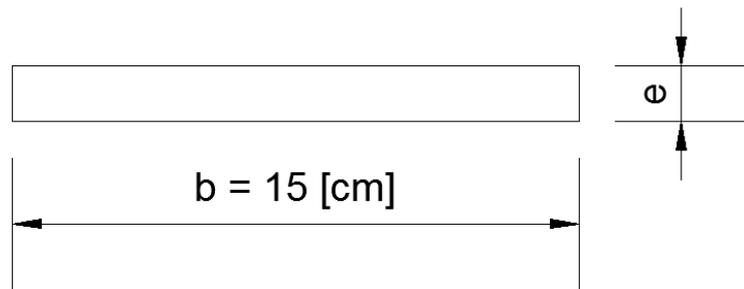


Figura 117. Sección de la pala

Si sustituimos (XV) en (XVI) y despejamos el espesor, obtenemos:

$$e = \sqrt{\frac{M_f * 6}{S_y * b}}$$

Reemplazando los valores, siendo el valor de resistencia de fluencia del material  $3867 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ :

$$e = \sqrt{\frac{8,44 \text{ [kg/cm}^2\text{]} * 6}{\frac{3867}{2} \text{ [kg/cm}^2\text{]} * 15 \text{ [cm]}}} = 0,042 \text{ [cm]} \rightarrow e = 0,42 \text{ [mm]}$$

Debemos mencionar que el valor de la resistencia de fluencia se reduce a la mitad, debido a que se pretende que la flecha de la placa generada por la flexión sea mínima o casi nula.

Para evitar la acumulación de agua en el extremo de salida de la piletta debido al desplazamiento de las palas, se decide construir las mismas con chapa perforada. Con el fin de asegurar el establecimiento del flujo de material, se opta por conformar el primer conjunto de palas rotativas con chapa lisa sin perforaciones, y las demás de la forma mencionada.

Para la selección del espesor, es necesario tener en cuenta la disminución de la resistencia de la chapa debido a las perforaciones y las dificultades constructivas que puedan presentarse en el proceso de soldadura de las mismas. Además, es necesario mencionar que un espesor muy reducido puede traer dificultades debido a la oxidación.

Finalmente, considerando el resultado obtenido en el cálculo y las aclaraciones realizadas, se opta por utilizar chapa LAF C16 (calibre 16), la cual posee un espesor de 1,6 [mm]. De esta manera se obtiene un grado de seguridad considerable, cumpliendo correctamente con las exigencias expuestas, sin que esto signifique una diferencia en cuanto a costos, en comparación con chapas de espesores inferiores.

Todas las palas serán construidas con el espesor establecido. En cuanto a las palas perforadas, se utilizará chapa estándar con perforaciones de 3 [mm] de diámetro, con una separación entre centros de 8 [mm].

Para las circunferencias laterales se utilizará chapa LAF C14, con espesor de 2 [mm], para obtener una mayor resistencia estructural del conjunto. Además, los laterales estarán unidos por medio de soldadura al eje principal, por lo tanto un mayor espesor de los mismos facilita este proceso, así también como la unión de las palas.

### **Dimensionamiento del eje de las palas rotativas:**

Previamente al desarrollo de esta sección es necesario definir algunos parámetros. En primer lugar se debe mencionar el tipo de transmisión a

utilizar entre el motorreductor y los ejes de las palas rotativas. Para esto se decide utilizar una transmisión por cadena y piñones ubicados en un extremo de cada eje.

También es necesario fijar el largo total del eje y la ubicación de sus apoyos (se utilizarán rodamientos). Teniendo en cuenta las dimensiones del tanque de lavado y de las palas rotativas diseñadas, se define un largo de 1000 [mm] para el eje, con una distancia entre apoyos de 875 [mm].

Una vez definido lo anterior procedemos a determinar el diámetro mínimo requerido del eje, para que el mismo cumpla con las exigencias impuestas. Se lleva a cabo un estudio de resistencia, con el fin de definir el punto que posee las mayores solicitaciones. Para ello solo se consideran los esfuerzos de flexión, ya que son ampliamente mayores en comparación con los esfuerzos de corte.

A continuación se expone un esquema del eje a dimensionar (Figura 118), junto con todas las fuerzas que afectan al mismo en los diferentes planos.

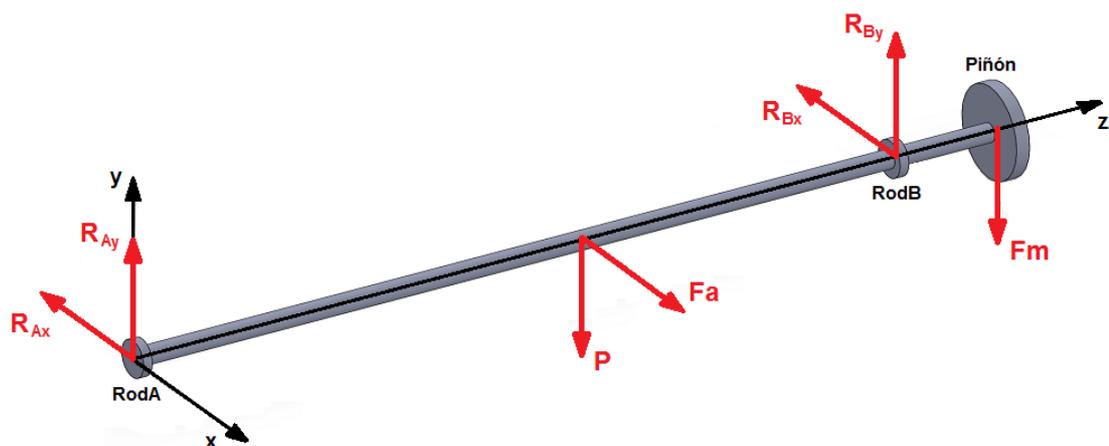


Figura 118. Fuerzas que actúan sobre el eje

Donde:  $F_a$ : Fuerza de resistencia del agua

$P$ : Peso del conjunto de palas rotativas

$F_m$ : Fuerza motriz

$R$ : Fuerzas de reacción en los apoyos (rodamientos)

En cuanto a “P”, que corresponde al peso del conjunto de palas rotativas, debemos aclarar que, para fines de cálculo, se considera como una fuerza puntual ubicada de manera equidistante entre los rodamientos. Seguidamente procedemos a calcular su valor, determinando en primer lugar el volumen total:

$$V = N * e_p * b * h + 2 * e_d * \pi * r^2$$

Donde:  $V$ : Volumen del conjunto

$N$ : Cantidad de palas

$e_p$ : Espesor de las palas

$b$ : Base de las palas

$h$ : Altura de las palas

$e_d$ : Espesor de los discos

$r$ : Radio de los discos

Reemplazando los valores obtenemos:

$$V = 6 * 1,25 \times 10^{-3} [m] * 0,75 [m] * 0,15 [m] + 2 * 0,002 [m] * \pi * (0,225 [m])^2$$

$$V = 1,48 \times 10^{-3} [m^3]$$

Finalmente, para obtener el valor del peso, debemos multiplicar el volumen obtenido por la densidad del material ( $\delta = 7850 [kg/m^3]$ ).

$$P = V * \delta = 1,48 \times 10^{-3} [m^3] * 7850 [kg/m^3] = 11,62 [kgf]$$

Para determinar el valor de la fuerza motriz ( $F_m$ ) es necesario conocer el valor del momento torsor en el eje, generado por la fuerza de resistencia del

agua en las palas. Se considera que la fuerza se encuentra aplicada en el extremo de la placa para contemplar la situación más desfavorable.

$$M_t = F_a * r = 0,45 \text{ [kgf]} * 20 \text{ [cm]} = 9 \text{ [kgf cm]}$$

Es necesario conocer el diámetro del piñón para trasladar la fuerza tangencial al centro del eje. Debido a que aún no se definió la transmisión se tiene en cuenta un diámetro primitivo de 105,36 [mm] (corresponde a un piñón ASA 40 de 26 dientes). Por lo tanto la fuerza motriz será:

$$F_m = \frac{M_t}{D/2} = \frac{9 \text{ [kgf cm]}}{10,536 \text{ [cm]} / 2} = 1,71 \text{ [kgf cm]}$$

### Reacciones en el plano "XZ"

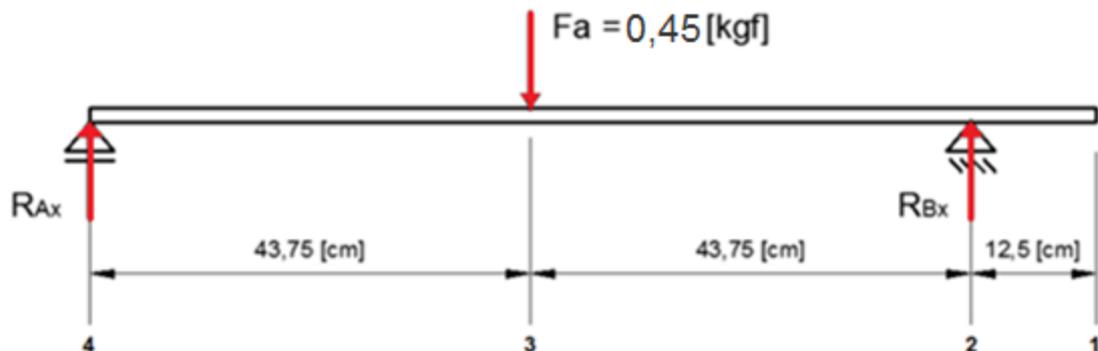


Figura 119. Diagrama de carga del eje en el plano "XZ"

Primeramente planteamos la sumatoria de fuerzas en el eje "x" y la sumatoria de momentos con respecto al punto "4".

$$\Sigma F_x = R_{Ax} - F_a + R_{Bx} = 0$$

$$\Sigma M_4 = R_{Bx} * 87,50 \text{ [cm]} - F_a * 43,75 \text{ [cm]} = 0$$

Mediante el método de sustitución determinamos los valores de las reacciones.

$$R_{Ax} = R_{Bx} = 0,22 \text{ [kgf]}$$

### Diagrama de momentos flectores en el plano "XZ"

Procedemos a calcular los momentos flectores en cada punto considerado en el diagrama anterior (Figura 119).

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$\Sigma M_3 = 0,22 \text{ [kgf]} * 43,75 \text{ [cm]} = 9,62 \text{ [kgf cm]}$$

$$\Sigma M_4 = 0,22 \text{ [kgf]} * 87,50 \text{ [cm]} - 0,45 \text{ [kgf]} * 43,75 \text{ [cm]} = 0$$

Realizamos el diagrama de esfuerzos para dicho plano:

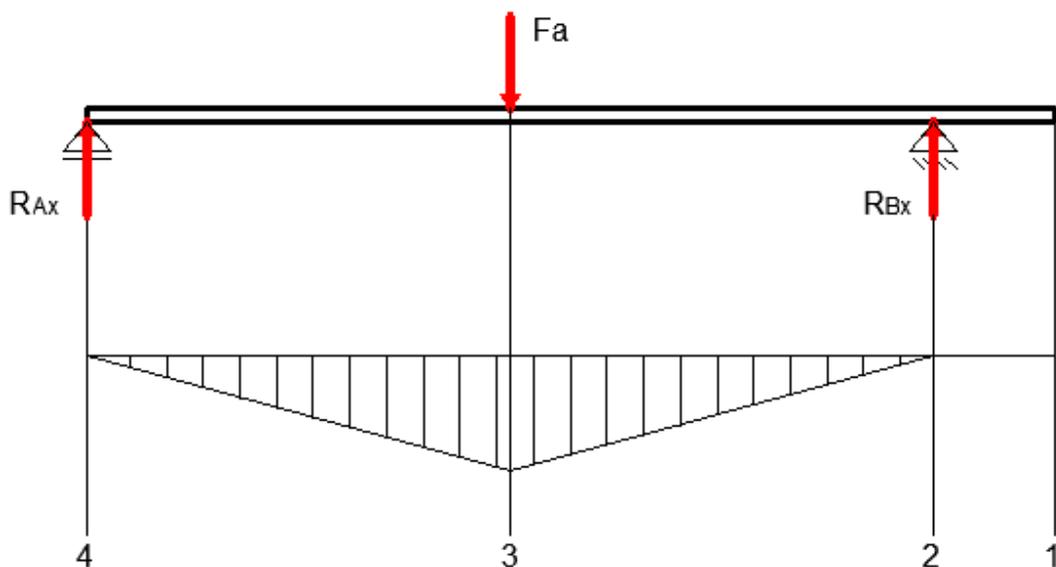


Figura 120. Diagrama de momento flector del eje en el plano "XZ"

### Reacciones en el plano "YZ"

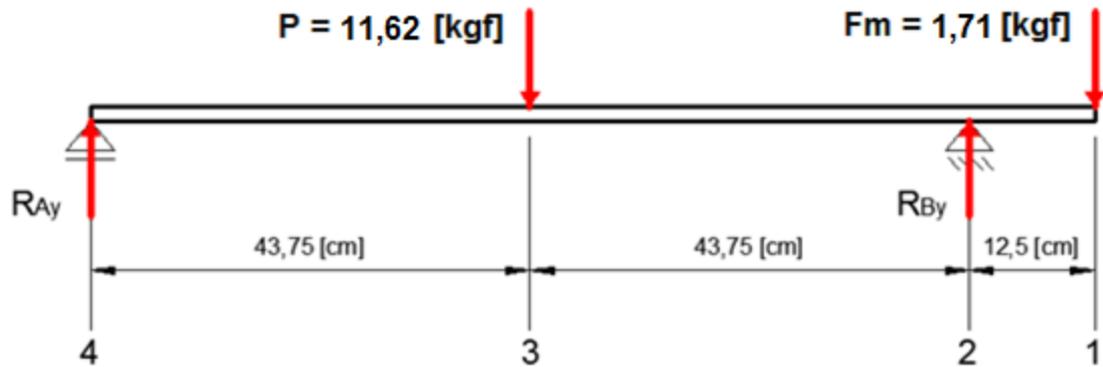


Figura 121. Diagrama de carga del eje en el plano "YZ"

Nuevamente planteamos la sumatoria de fuerzas, en este caso para el eje "y", y la sumatoria de momentos con respecto al punto "4".

$$\Sigma F_y = R_{Ay} - P + R_{By} - F_m = 0$$

$$\Sigma M_4 = -F_m * 100 [cm] + R_{By} * 87,50 [cm] - P * 43,75 [cm] = 0$$

Utilizando el método de sustitución determinamos los valores de las reacciones.

$$R_{Ay} = 5,57 [kgf] \quad R_{By} = 7,76 [kgf]$$

### Diagrama de momentos flectores en el plano "YZ"

A continuación determinamos los momentos flectores en cada punto considerado en el diagrama anterior (Figura 121).

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$\Sigma M_2 = -1,71 [kgf] * 12,50 [cm] = -21,37 [kgf cm]$$

$$\Sigma M_3 = - 1,71 [kgf] * 56,25 [cm] + 7,76 [kgf] * 43,75 [cm] = 243,31 [kgf cm]$$

$$\Sigma M_4 = - 1,71 [kgf] * 100 [cm] + 7,76 [kgf] * 87,50 [cm] - 11,62 [kgf] * 43,75 [cm] = 0$$

Realizamos el diagrama de esfuerzos para dicho plano:

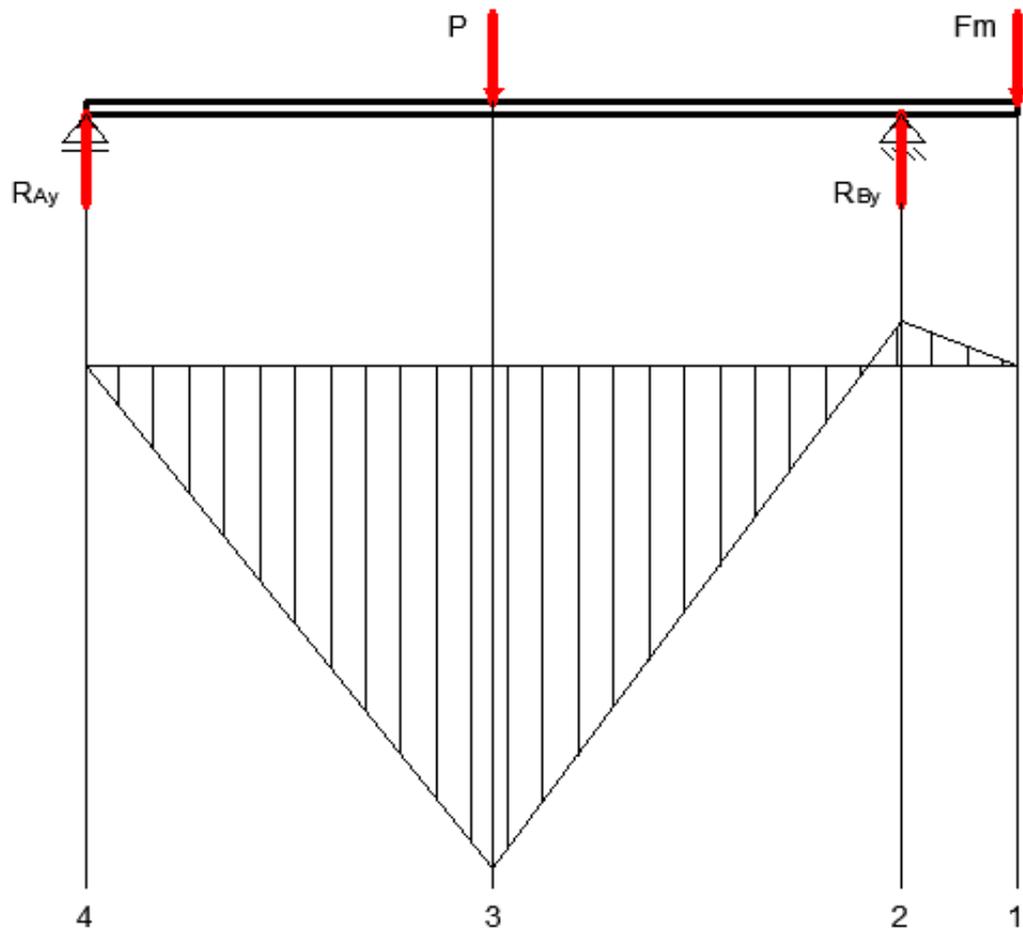


Figura 122. Diagrama de momento flector del eje en el plano "YZ"

### Momento flector máximo

Podemos observar en los diagramas de esfuerzos de ambos planos que el punto "3" del eje es el que se encuentra sometido a las mayores sollicitaciones. A continuación se determina el momento flector resultante en dicho punto:

$$M_{fR3} = \sqrt{M_{fz3}^2 + M_{fyz3}^2} = \sqrt{(9,62 \text{ [kgf cm]})^2 + (243,31 \text{ [kgf cm]})^2} = 243,5 \text{ [kgf cm]}$$

### Cálculo del eje por Westinghouse

En primer lugar, es necesario definir el material del eje. Considerando los bajos esfuerzos obtenidos anteriormente se decide optar por un acero de denominación SAE 1010 estirado en frío.

Para determinar el diámetro mínimo y poder así dimensionar el eje, se hace uso de la ecuación del esfuerzo equivalente (Westinghouse). Despejando el diámetro de la misma:

$$d = \sqrt[3]{N * \sqrt{\left(\frac{32 * M_f * k_f}{\pi * C_a * C_b * C_c * C_d * S_n}\right)^2 + \left(\frac{16 * M_t}{\pi * S_{ys}}\right)^2}} \quad (\text{XVII})$$

Donde:  $d$ : Diámetro del eje

$N$  : Coeficiente de seguridad

$k_f$  : Coeficiente de concentración de tensiones

$C_a$  : Coeficiente de acabado superficial

$C_b$  : Coeficiente de efectos de tamaño

$C_c$  : Coeficiente de confiabilidad

$C_d$  : Coeficiente de efectos de la temperatura

$S_n$  : Límite de fatiga en flexión del material

$S_{ys}$  : Resistencia de fluencia a cizalladura del material

- Coeficiente de seguridad ( $N$ ): se recomienda utilizar un valor de 1,5.

- Coeficiente de concentración ( $k_f$ ): el eje en cuestión no presenta ningún tipo de concentrador de tensiones. Por lo tanto dicho coeficiente es igual a 1.
- Coeficiente de acabado superficial ( $C_a$ ): para la determinación de este factor se utiliza el siguiente gráfico (Figura 123), ingresando con el valor de resistencia a la tracción del acero SAE 1010 y seleccionando la curva correspondiente al tipo de acabado (estirado en frío). El coeficiente obtenido es de 0,8.

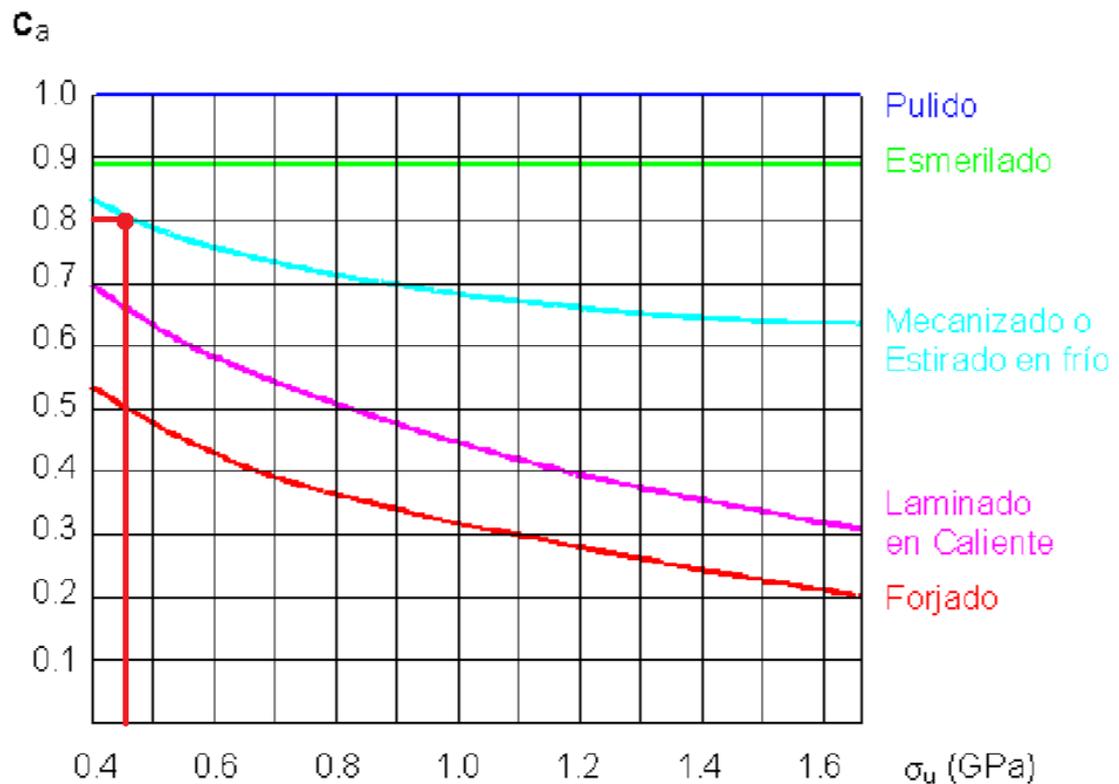


Figura 123. Gráfica de coeficientes de acabado superficial

- Coeficiente de efectos de tamaño ( $C_b$ ): para los casos de flexión y torsión de una pieza de sección circular se puede tomar, como un valor aproximado, el obtenido con la siguiente relación (para diámetros entre 8 y 250 [mm]). Es necesario estimar un diámetro para utilizar dicha expresión, se adoptan 20 [mm].

$$C_b = 1,189 * d^{-0,097} = 1,189 * 20^{-0,097} = 0,889$$

- Coeficiente de confiabilidad( $C_c$ ): este coeficiente se determina mediante la tabla expuesta a continuación. Para la determinación del mismo se optó por una confiabilidad del 90%. El coeficiente obtenido es de 0,897.

Confiabilidad	$C_c$
0.50	1.000
0.90	0.897
0.95	0.868
0.99	0.814
0.999	0.753
0.999 9	0.702
0.999 99	0.659
0.999 999	0.620

Figura 124. Coeficiente de confiabilidad

- Coeficiente de efectos de la temperatura( $C_d$ ): para temperaturas inferiores a 450 [°C] se estima un coeficiente igual a 1.
- Límite de fatiga en flexión del material ( $S_n$ ): es aproximadamente igual a la mitad de la magnitud de la resistencia a la tracción ( $S_u$ ) del acero SAE 1010. Por lo que se obtiene un valor de 2355 [kg/cm<sup>2</sup>].
- Resistencia de fluencia a cizalladura del material ( $S_{ys}$ ): se emplea la mitad del valor de la resistencia de fluencia en tracción ( $S_y$ ). Se

determina entonces una magnitud de 1933,5 [kg/cm<sup>2</sup>].

Una vez determinadas todas las variables, reemplazamos dichos valores en la ecuación (XVII):

$$d = \sqrt[3]{1,5 * \sqrt{\left(\frac{32 * 243,5 [kg\ cm] * 1}{\pi * 0,8 * 0,889 * 0,897 * 1 * 2355 [kg/cm^2]}\right)^2 + \left(\frac{16 * 9 [kg\ cm]}{\pi * 1933,5 [kg/cm^2]}\right)^2}}$$

$$d = 1,35 [cm] = 13,50 [mm]$$

En conclusión, se decide utilizar un diámetro de 20 [mm] para el eje ya que se obtiene un mayor grado de confiabilidad. Además, al ser un valor usual facilita operaciones sobre el mismo como soldaduras, asientos, acoplamientos de transmisión, etc.

### **Disposición de las palas rotativas:**

Considerando las dimensiones del tanque de lavado y de las palas rotativas diseñadas, se define utilizar 3 conjuntos a lo largo del tanque. Se establece una separación de 800 [mm] entre centros, ubicando la primera de ellas a 600 [mm] del extremo del tanque con respecto al centro del eje.

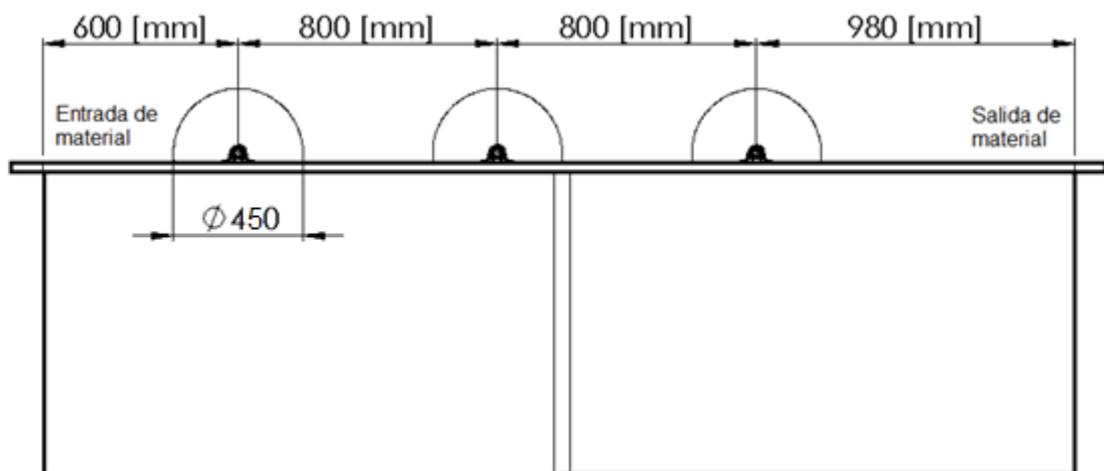


Figura 125. Disposición de las palas rotativas en el tanque de lavado

Es necesario aclarar que esta disposición es la considerada ideal debido a que se obtiene el espacio necesario para la entrada del material sobre el extremo izquierdo de la imagen (Figura 125), permitiendo una pequeña acumulación en este sector para situaciones de sobrealimentación. Además, brinda una separación óptima entre palas rotativas permitiendo la circulación del material molido. Por último, se dispone de una superficie libre en el extremo derecho de la imagen (Figura 125) que posibilita la ubicación del transportador de cangilones, utilizado para retirar el material.

Una vez definidos estos parámetros preliminares podremos calcular la transmisión por cadena y la cantidad de eslabones que la conforman, la cual a su vez determinará definitivamente la distancia entre centros de ejes.

### **Selección de los rodamientos:**

Se opta por utilizar rodamientos de la firma “SKF”, del tipo rígido de una hilera de bolas con sello para fluidos. A partir del diámetro interno necesario, la capacidad de carga dinámica admisible y la velocidad angular admisible, se selecciona un conjunto de soporte y rodamiento de inserción (facilita el montaje).

El conjunto seleccionado tiene la designación: P2BSS 20M-YTPSS (soporte P2BSS 504-Y y rodamiento YAR 204-2LPW/SS)



Figura 126. Conjunto de rodamiento seleccionado (“SKF”)

Es necesario aclarar que se optó por rodamientos sellados para fluidos, debido a la proximidad que tendrán los mismos con respecto al agua del tanque de lavado.

### **Selección del motor:**

En primer lugar se emplea el momento torsor, generado por la fuerza de resistencia del fluido, para determinar la potencia mecánica necesaria para cada eje. Se utiliza la siguiente expresión:

$$P_i = M_t * n$$

Reemplazando los valores previamente calculados y homogeneizando las unidades, obtenemos:

$$P_i = \frac{9 [kgf \cdot cm] * 9,81 [m/s^2]}{100 [cm/m]} * \frac{10 [rpm] * 2\pi}{60 [s]} = 0,92 [W] \rightarrow P_i = 0,001 [HP]$$

Se puede ver que la potencia obtenida es sumamente pequeña, esto se debe a que el momento torsor requerido es muy reducido, al igual que la velocidad de rotación. De todos modos, debemos aumentar este valor en proporción a la cantidad de ejes (3 ejes en total) y afectar dicha magnitud por un coeficiente debido al rendimiento reducido. El mismo será de 0,60 en el cual se incluye la transmisión (reductor y cadenas), y un factor de seguridad de 30% para lograr un funcionamiento correcto.

$$P = \frac{0,001 [HP] * 3}{0,60} * 1,30 = 0,007 [HP]$$

La potencia total resultante es considerablemente reducida. Se decide seleccionar un motor estándar de la marca "WEG", modelo "W22 IE2", de 0,25 [HP]. La potencia adoptada se debe a que ésta es la de menor valor dentro de los motores más usuales, disponibles ampliamente en el mercado,

sin tener un costo de inversión significativo en comparación con motores más pequeños. Además se logra normalizar el tipo de motor a utilizar en los equipos, teniendo en cuenta el motor ya definido en la cinta transportadora, lo que puede conllevar ciertas ventajas.

**Resumen de las características técnicas**

Norma	IEC 60034-1	Potencia	0.25 HP
Frecuencia	50 Hz	Fijación	Con pies
Tensión	220/380 V	Brida	C-DIN
Numero de polos	4	Forma constructiva	B34R(E)
Grado de protección	IP55	Caja de conexión*	Posición izquierda
Rotación sincrónica	1500 rpm	Refrigeración	IC411 - TEFC



Figura 127. Características técnicas del motor (“WEG”)

**Selección de la transmisión:**

Para este sistema, como ya se mencionó, se utilizará una transmisión por cadena la cual estará compuesta por un reductor y un conjunto de piñones en cada eje como se muestra en la siguiente imagen (Figura 128).

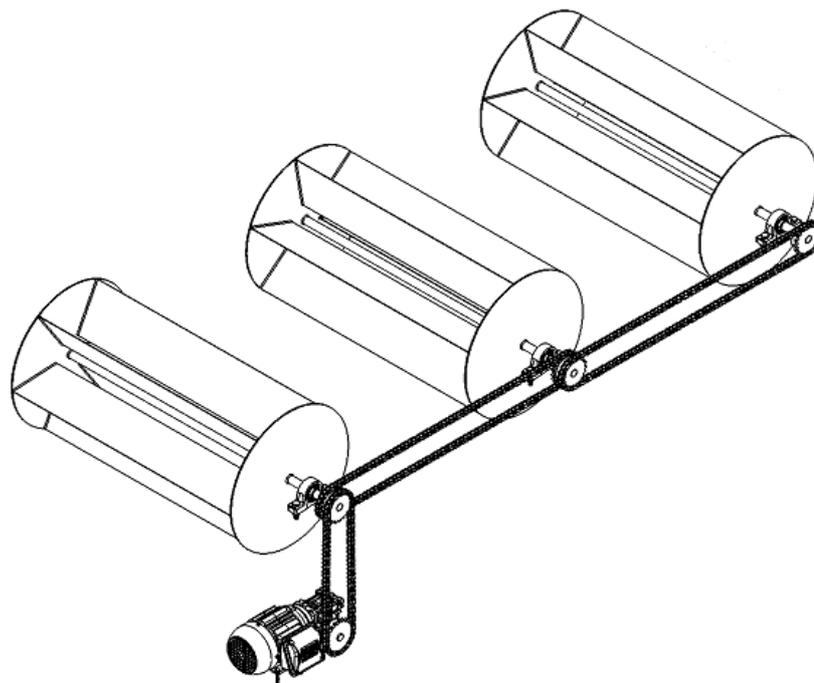


Figura 128. Croquis de las palas rotativas y la transmisión

Previamente se seleccionó un piñón tipo ASA 40 que cuenta con 26 dientes, para el primer eje de las palas rotativas. Dichas palas deben tener una velocidad angular aproximada de 10 [rpm] para su funcionamiento. Teniendo en cuenta estos parámetros, se procede a seleccionar un reductor que realice una primera etapa de reducción para luego lograr, en una segunda etapa, la velocidad final requerida, mediante un piñón conductor y cadena.

En función de la velocidad angular de entrada, la potencia y la velocidad de salida, se selecciona un reductor del tipo de tornillo sin fin y corona de la marca “STM”, que posee la designación “WMI 50”, con una relación de reducción de 100, obteniéndose así una velocidad angular de salida de 14 [rpm].

<b>WMI 50</b>			
<b>ir</b>	<b><math>n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}</math></b>		
	<b><math>n_2</math> min<sup>-1</sup></b>	<b>T<sub>2M</sub> Nm</b>	<b>P kW</b>
<b>100</b>	<b>14</b>	<b>52</b>	<b>0.16</b>



Figura 129. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)

Aclaración: 0,16 [kW] ≈ 0,22 [HP]

A continuación se calculará la cantidad de dientes del piñón conductor, el cual será de tipo ASA 40, mediante la siguiente expresión.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$Z_2 = \frac{10 \text{ [rpm]}}{14 \text{ [rpm]}} * 26 = 18,57 \rightarrow 19 \text{ dientes}$$

En cuanto al resto de los ejes se utilizarán piñones de tipo ASA 40 que cuentan con 26 dientes, de esta manera se logra mantener la misma velocidad angular para todas las palas rotativas y estandarizar en gran proporción los tipos de piñones, esto puede conllevar una ventaja a la hora de realizar mantenimiento. Los primeros dos ejes contarán con piñones dobles, para transmitir el movimiento mecánico a sus consecutivos.

Calcularemos la distancia entre centros de ejes de las palas rotativas. Para esto debemos iniciar determinando la cantidad de eslabones mediante la distancia entre centros preliminar, establecida anteriormente, con un valor de 800 [mm], es decir, aproximadamente 63 pasos de la cadena.

Se procede a determinar, entonces, el número de eslabones que conforma la cadena mediante la siguiente ecuación:

$$N_e = 2 * C_0 + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 * C_0 * \pi^2} = 2 * 63 + \frac{26 + 26}{2} + \frac{(26 - 26)^2}{4 * 63 * \pi^2} = 152$$

Multiplicando la cantidad de eslabones por el valor del paso en milímetros obtenemos la longitud de la cadena:

$$L = 152 * 12,7 [mm] = 1930,4 [mm]$$

Mediante el número de eslabones se calcula la longitud de la cadena y la distancia entre centros real:

$$C = \frac{p}{8} * \left( 2 * N_e - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2 * N_e - Z_2 - Z_1)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (Z_2 - Z_1)^2} \right)$$

$$C = \frac{12,7 [mm]}{8} * \left( 2 * 149 - 26 - 26 + \sqrt{(2 * 149 - 26 - 26)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (26 - 26)^2} \right)$$

$$C = 800,1 [mm]$$

Por lo tanto, las palas rotativas se ubicarán de la forma definida inicialmente (ver Figura 125).

Finalmente, debemos determinar la longitud de la cadena y la distancia entre centros del eje del reductor y el eje de la primera pala rotativa. De esta manera podemos definir la disposición del conjunto motriz (motor y reductor).

Siguiendo las recomendaciones, se optó por utilizar una distancia entre centros de 30 pasos. Esta magnitud representa 381 [mm] de separación entre centros de ejes.

Una vez definida la distancia preliminar se procede a determinar el número de eslabones que conforma la cadena:

$$N_e = 2 * C_0 + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 * C_0 * \pi^2}$$

$$N_e = 2 * 30 + \frac{26 + 19}{2} + \frac{(26 - 19)^2}{4 * 30 * \pi^2} = 82,54$$

Se debe adoptar un número par de eslabones para evitar el uso de un eslabón compensador. Por lo tanto se definen 82 eslabones.

Calculamos la longitud de la cadena mediante el número de eslabones definidos:

$$L = 82 * 12,7 [mm] = 1041,4 [mm]$$

Procedemos a recalcular la distancia entre centros:

$$C = \frac{p}{8} * \left( 2 * N_e - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2 * N_e - Z_2 - Z_1)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (Z_2 - Z_1)^2} \right)$$

$$C = \frac{12,7 [mm]}{8} * \left( 2 * 82 - 26 - 19 + \sqrt{(2 * 82 - 26 - 19)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (26 - 19)^2} \right)$$

$$C = 377,56 [mm]$$

Conociendo la distancia entre centros de los ejes de los piñones, se podrá diseñar un soporte adecuado que contenga el conjunto motorreductor y cumpla con los parámetros establecidos.

### 2.3.2 Cálculo y diseño del transportador a cangilones

Se diseñará un sistema de extracción por medio de un transportador a cadena con cangilones. El mismo estará ubicado en una estructura independiente de la piletta de lavado, en el extremo de ésta, que permitirá finalizar el recorrido del material molido y debidamente lavado en un bolsón big bag para su posterior almacenamiento.

#### **Dimensionamiento de los cangilones:**

Según los requerimientos de transporte y los espacios disponibles se determinaron las dimensiones de los cangilones a utilizar. Además se tuvieron en cuenta, como referencia, distintos parámetros (como forma y dimensiones) de equipos similares que actualmente se utilizan en la industria del reciclaje de plástico. Podemos observar sus principales medidas en la imagen expuesta (Figura 130).

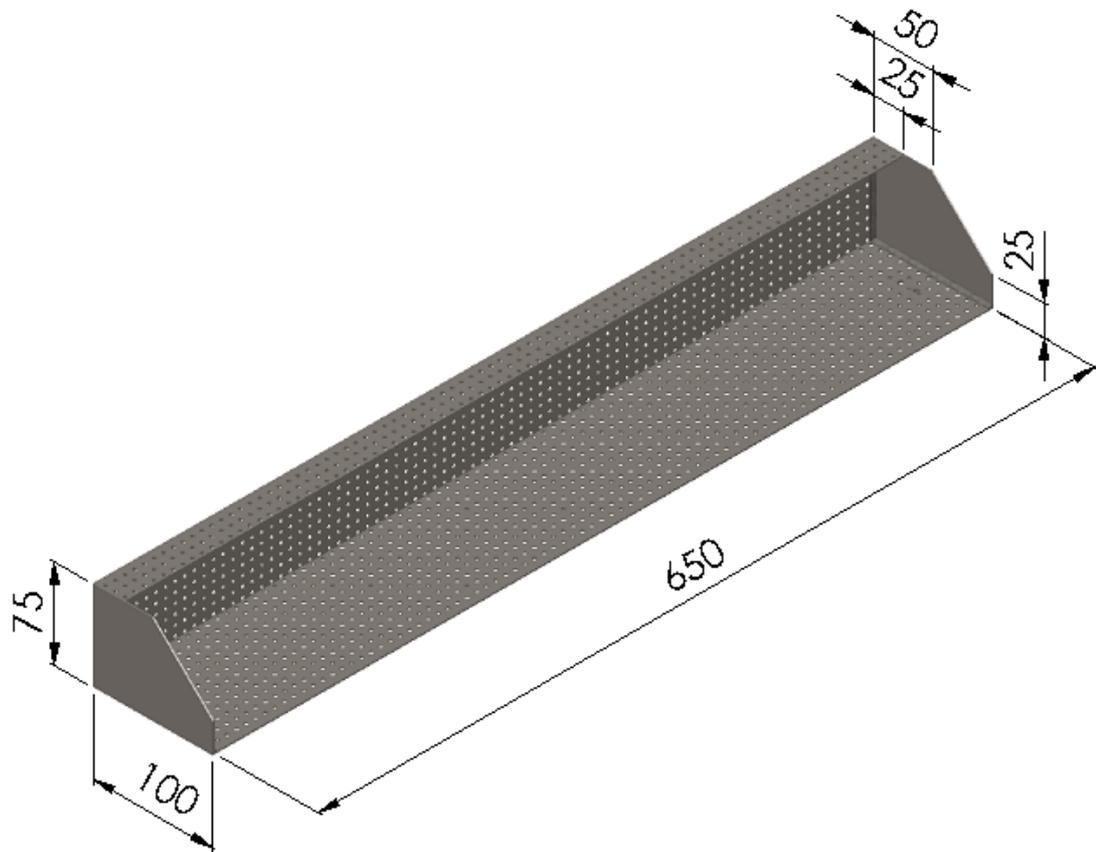


Figura 130. Cangilón en perspectiva

Aclaración: Cotas en [mm]

En cuanto a la longitud del mismo se definió un valor de 650 [mm] con el motivo de obtener un margen, con respecto a los laterales internos del tanque de lavado, de 70 [mm] para la ubicación de los piñones, cadenas, rodamientos y la estructura de soporte entre otros elementos.

Los cangilones estarán conformados de chapa de acero al carbono de 1,6 [mm] de espesor, que posee perforaciones circulares de 3 [mm] de diámetro cada una (al igual que las palas rotativas), con el fin de lograr el drenado de agua sin perder material en el recorrido.

El espesor de la chapa de los cangilones fue seleccionado teniendo en cuenta los pequeños esfuerzos a los cuales se encuentran sometidos. Podemos observar una clara similitud con el caso anterior (ver Sección 2.3.1), en el dimensionamiento de las palas rotativas, debido a que la mayor

carga estará dada por la resistencia del agua al momento de que el cangilón se sumerge en la pileta de lavado.

En cuanto al diámetro de los orificios, se determinó mediante la medición de diferentes muestras de plástico molido, luego de ser procesado por ambos molinos de la empresa, como se expone a continuación (Figura 131).



Figura 131. Medición de muestra por medio de calibre

Una vez dimensionado el cangilón, es posible determinar el peso del mismo. Para esto debemos primeramente calcular el volumen total de chapa de acero:

$$V_{cang} = ((50 * 75 + 50 * 50/2 + 25 * 50) * 2 + 100 * 650 + 75 * 650) * 0,9 + 25 * 650$$

$$V_{cang} = 137625 [mm^3] \rightarrow V_{cang} = 1,37 \times 10^{-4} [m^3]$$

Es necesario aclarar que no se tuvo en cuenta la ausencia de acero debido a las perforaciones, con el fin de tener un mayor grado seguridad para un posterior cálculo de potencia necesaria, asimismo, no es posible

determinar con exactitud la cantidad de orificios que formarán parte del conjunto.

Conociendo la densidad del acero ( $\delta = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ ), se obtiene el peso aproximado de un cangilón:

$$P_{cang} = V_{cang} * \delta_{acero} = 1,37 \times 10^{-4} \text{ [m}^3\text{]} * 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 1,07 \text{ [kg]}$$

### **Dimensionamiento del sistema de transporte:**

Una vez definidas las dimensiones de los cangilones a utilizar, se procede a determinar los parámetros de los elementos restantes que permiten la sujeción y el movimiento de los mismos. Para definir estos valores se tuvieron en cuenta equipos semejantes que realizan la misma operación, con el fin de obtener resultados satisfactorios.

En un principio se fija la velocidad angular del sistema en 10 [rpm]. En cuanto al tipo de cadena a utilizar, se tiene en consideración el tipo de cadena ya empleada en otros equipos en el sector, con el fin de unificar un mismo modelo, facilitando el mantenimiento y reduciendo los costos de reposición, entre otros. Por estas razones se opta por dos cadenas de tipo ASA 40, con aditamentos en un lateral (Figura 132) para fijar los cangilones a la misma.



*Figura 132. Cadena con aditamentos ("Tisa Transmisiones")*

Ya que la cadena es de tipo ASA 40, se seleccionan los piñones correspondientes, optando por una cantidad de 22 dientes, con un diámetro primitivo de 89,24 [mm].

### **Capacidad de transporte:**

Una vez establecidos los elementos y magnitudes anteriores, se procede a calcular la capacidad del sistema, para verificar que los cangilones dimensionados sean capaces de transportar una capacidad similar o superior a la exigida por el proceso. Esto lo realizaremos mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{3,6 * q * v * \varphi * \delta}{d} \quad (\text{XVIII})$$

Donde:  $Q$ : Capacidad de transporte

$q$ : Volumen útil del cangilón

$v$ : Velocidad lineal de los cangilones

$\varphi$ : Coeficiente de llenado de cada cangilón

$\delta$ : Densidad del material a transportar

$d$ : Separación entre cangilones

Aclaración: el valor 3,6 es un factor de conversión utilizado para homogeneizar las unidades.

- Volumen útil del cangilón ( $q$ ):

Se considera el volumen que ocupa la proyección del triángulo formado por la línea de trazos y las aristas de la cara del cangilón, como se muestra en la siguiente imagen (Figura 133).

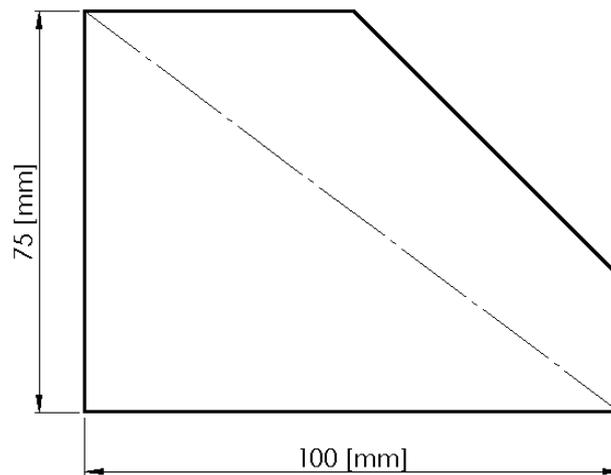


Figura 133. Vista lateral del cangilón, área útil

Calculamos, entonces, el volumen considerado:

$$V_{\text{útil}} = \frac{100 \text{ [mm]} * 75 \text{ [mm]}}{2} * 650 \text{ [mm]} = 2437500 \text{ [mm}^3] \rightarrow V_{\text{útil}} = 2,44 \times 10^{-3} \text{ [m}^3]$$

- Velocidad lineal de los cangilones ( $v$ ):

Conociendo el diámetro primitivo de los piñones y la velocidad angular nominal, se determina la velocidad lineal de la siguiente forma:

$$v = \frac{2\pi * n}{60} * \frac{D_{\text{prim}}}{2} = \frac{2\pi * 10 \text{ [rpm]}}{60 \text{ [min/s]}} * \frac{0,08824 \text{ [m]}}{2} = 0,046 \text{ [m/s}^2]$$

- Coeficiente de llenado ( $\varphi$ ):

Este varía para cada tipo de material a transportar, los mismos se encuentran tabulados. Debido a que no se dispone de información certera para los polímeros utilizados en el proceso, se opta por utilizar un valor considerablemente bajo con el fin de suponer el peor caso posible. Se define entonces  $\varphi = 0,2$ .

- Densidad del material a transportar ( $\delta$ ):

Siendo que existen distintos tipos de plásticos, a los cuales corresponden distintas densidades, se optó por utilizar la de menor magnitud, ya que de esta manera se contemplaría la situación más desfavorable. Entre los tipos de plásticos procesados en Quanta, el Polipropileno (PP) es el de más baja densidad, la misma está entre 895 y 920 [kg/m<sup>3</sup>]. Considerando que el material se encuentra molido, la densidad disminuye en porcentajes cercanos a un 60%. Por lo tanto, la densidad considerada es de 360 [kg/m<sup>3</sup>].

- Separación entre cangilones ( $d$ ):

La separación entre cangilones se establece teniendo en cuenta las dimensiones de los mismos. Se define una separación de 20 pasos de la cadena (eslabones):

$$d = 20 * 12,7 [mm] = 254 [mm] \rightarrow d = 0,254 [m]$$

Finalmente se reemplazan las magnitudes en la ecuación (XVIII), obteniendo la capacidad del sistema:

$$Q = \frac{3600 * 2,44 \times 10^{-3} [m^3] * 0,046 [m/s^2] * 0,2 * 360 [kg/m^3]}{0,254 [m]} = 114,54 [kg/h]$$

Sabiendo previamente que la capacidad definida del proceso es de 100 [kg/h], se considera el resultado obtenido como satisfactorio, ya que el mismo supera al valor requerido, brindando un margen de seguridad para asegurar un funcionamiento a elevadas capacidades en los equipos predecesores y prevenir su condicionamiento. También, de esta forma, se logra evitar la posible acumulación de material molido dentro del tanque de lavado. A su vez, no se justifica técnica y económicamente reducir las dimensiones de los cangilones definidos para obtener una capacidad más

cercana a la necesaria, esto tendría como consecuencia una mayor complejidad constructiva, sin que signifique un considerable beneficio económico.

**Fuerza de tracción máxima:**

El cálculo de la fuerza de tracción necesaria, para el trabajo efectivo de la cadena transportadora, se lleva a cabo mediante la siguiente expresión:

$$T = (P_m + P_c) * H \tag{XIX}$$

Donde:  $T$ : Fuerza de tracción

$P_m$  : Peso del material por metro

$P_c$  : Peso de los cangilones y las cadenas por metro

$H$ : Altura de elevación entre ejes

- Peso del material ( $P_m$ ):

Para determinar el peso del material dentro dentro del cangilón se considera el volumen total como el caso más desfavorable (mayor tracción).

$$V_{total} = (50 * 75 + 50 * 50/2 + 25 * 50) * 650 = 4,062x10^6 [mm^3]$$

$$V_{total} = 0,004 [m^3]$$

Procedemos a determinar el peso del material por unidad de longitud. Para esto utilizamos la siguiente expresión que incluye la densidad del material, el volumen y la separación entre cangilones:

$$P_m = \frac{V_{total} * \delta_{material}}{d} = \frac{0,004 [m^3] * 360 [kg/m^3]}{0,254 [m]} = 5,669 [kg/m]$$

- Peso de los cangilones y las cadenas ( $P_c$ ):

Para determinar este valor, se considera el peso de los cangilones por unidad de longitud y el peso de la cadena seleccionada, que se da expresada en catálogos.

$$P_c = \frac{P_{cangilón}}{d} + P_{cadena} * 2 = \frac{1,07 [kg]}{0,254 [m]} + 0,6 [kg/m] * 2 = 5,412 [kg/m]$$

- Altura de elevación entre ejes ( $H$ ):

Para determinar la altura de elevación del transportador, es necesario antes definir la cantidad de cangilones a utilizar y el ángulo de inclinación del mismo.

Se definió emplear 14 cangilones en total y una inclinación de 30° para el transportador; por lo cual, utilizando la separación entre cangilones, podemos obtener la separación entre centros de ejes mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{p}{8} * \left( 2 * n_e - Z_1 - Z_2 + \sqrt{(2 * n_e - Z_1 - Z_2)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (Z_1 - Z_2)^2} \right)$$

Reemplazando los valores en la ecuación obtenemos dicha longitud:

$$C = \frac{12,7 [mm]}{8} * \left( 2 * 280 - 22 - 22 + \sqrt{(2 * 280 - 22 - 22)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (22 - 22)^2} \right)$$

$$C = 1638 [mm]$$

A continuación se utilizará esta magnitud junto con el ángulo de inclinación para obtener, por medio de trigonometría, la altura de elevación entre ejes "H" (Figura 134).

$$H = 1638 [mm] * \text{sen} (30^\circ) = 819 [mm]$$

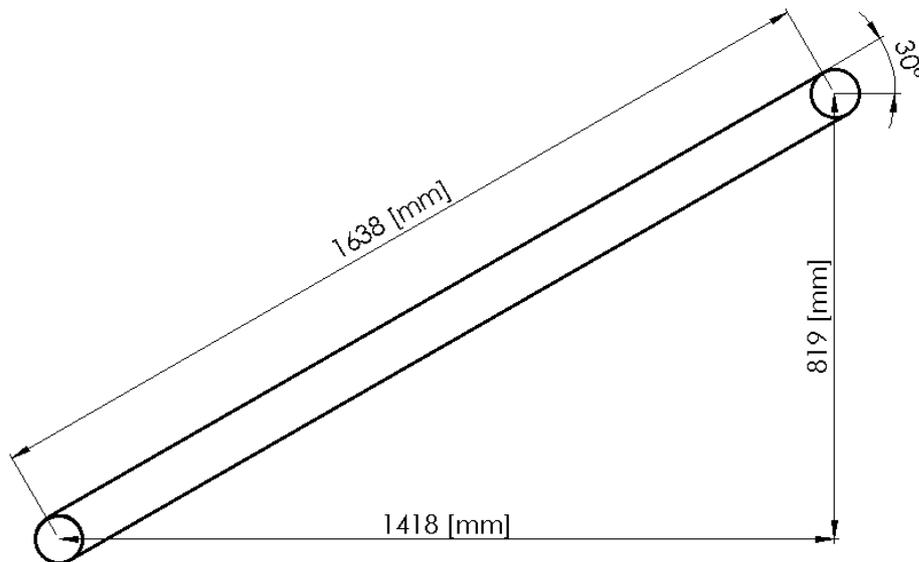


Figura 134. Vista lateral del transportador a cangilones

Procedemos entonces a reemplazar en la ecuación (XIX) los valores definidos para obtener la fuerza de tracción (T).

$$T = (5,669 [kg/m] + 5,412 [kg/m]) * 0,819 [m] = 9,07 [kg]$$

El valor obtenido de la ecuación (XIX) corresponde a condiciones de operación estables que no tienen en cuenta condiciones de servicio. Por lo tanto, corresponde aumentar dicho valor en función de fluctuaciones y distribución de cargas, así como también debido a condiciones de trabajo y mantenimiento.

$$T_{\text{máx}} = C_1 * C_2 * C_3 * T \quad (\text{XX})$$

Donde:  $T_{m\acute{a}x}$ : Fuerza de tracci3n m\acute{a}xima

$C_1$ : Coef. debido a condiciones de trabajo y mantenimiento

$C_2$ : Coeficiente de tiempo de trabajo

$C_3$ : Coeficiente de distribuci3n de cargas

Los valores de los coeficientes  $C_1$  y  $C_2$  se encuentran tabulados. Por otra parte  $C_3$  depende del n\acute{u}mero de cadenas.

- Coeficiente debido a condiciones de trabajo y mantenimiento ( $C_1$ ):

Se tienen en cuenta las condiciones m\acute{a}s desfavorables que se puedan presentar. Ingresando en la tabla (Figura 135) para un ambiente sucio y una cadena sin engrase, se obtiene un coeficiente de 1,8.

Condiciones de engrase			
Ambiente	Normal	Peri3dico	Sin engrase
Limpio	1	1,3	1,6
Sucio	1,3	1,6	1,8
Abrasivo	1,6	1,8	2

Figura 135. Coeficiente corrector seg\fan condiciones de ambiente y engrase

- Coeficiente de tiempo de trabajo ( $C_2$ ):

En este caso se considera la jornada laboral en Quanta que es de 8 horas, por lo que el peri3do de trabajo diario en el sector estar\á comprendido en ese tiempo. Adem\as se debe ingresar en la imagen (Figura 136) con el tipo de carga, siendo la misma de caracteristicas discontinuas. Teniendo en cuenta estos par\ametros, se obtiene un coeficiente de 1,2.

Tipo de carga	Periodo de trabajo diario	
	0-8 horas	> 8 horas
Continua	1,0	1,2
Discontinua	1,2	1,4
Con sacudidas	1,5	1,8

Figura 136. Coeficiente corrector según tipo de carga y periodos de trabajo

- Coeficiente de distribución de cargas ( $C_3$ ):

Para el caso de un transportador con dos o más cadenas en paralelo, deben preverse las posibles sobrecargas en cualquiera de las cadenas por una distribución desigual de la carga sobre las mismas. Es por esto que se debe utilizar un coeficiente de 1,2.

Finalmente, reemplazando los coeficientes obtenidos en la ecuación (XX), se obtiene la fuerza de tracción máxima:

$$T_{m\acute{a}x} = 1,8 * 1,2 * 1,2 * 9,07 [kg] = 23,51 [kg]$$

### **Dimensionamiento de los ejes del transportador a cangilones:**

Para llevar a cabo el dimensionamiento de los ejes, y determinar el diámetro mínimo requerido, se evaluará el eje perteneciente al conjunto motriz del sistema, siendo éste el más solicitado. Al igual que en el apartado anterior (Sección 2.3.1), se llevará a cabo un estudio de resistencia considerando únicamente los esfuerzos de flexión, siendo éstos ampliamente mayores en comparación con los esfuerzos de corte.

Es necesario establecer ciertos parámetros para llevar a cabo el análisis correspondiente. Se debe definir el tipo de transmisión entre el motor y el eje motriz. Para esto se considera utilizar un reductor acoplado directamente al

eje en cuestión. También es necesario fijar el largo total del eje y la ubicación de sus apoyos (se utilizarán rodamientos). Teniendo en cuenta las dimensiones ya establecidas del sistema transportador, se define un largo total para el eje de 750 [mm], con una distancia entre apoyos de 700 [mm].

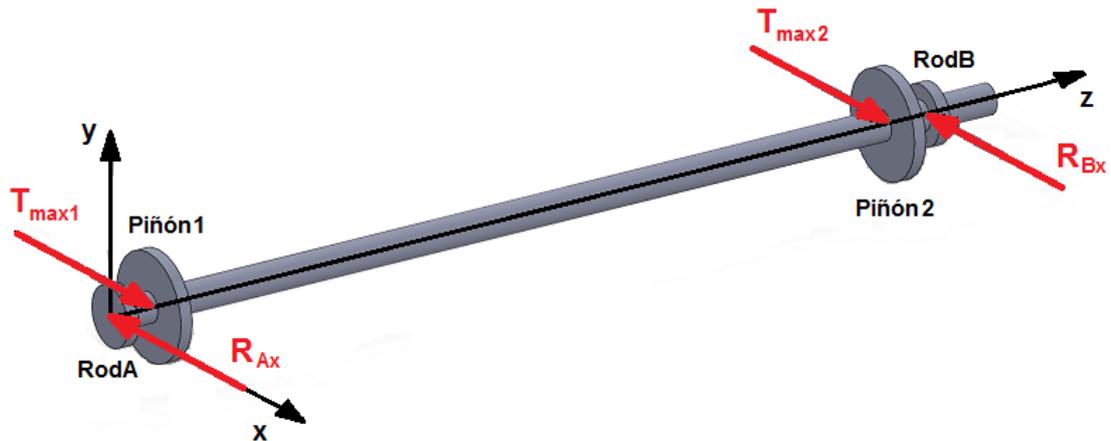


Figura 137. Fuerzas que actúan sobre el eje

Donde:  $T_{max}$ : Fuerza de tracción máxima ( $T_{max1} = T_{max2}$ )

$R$ : Fuerzas de reacción en los apoyos (rodamientos)

### Reacciones en el plano "XZ"

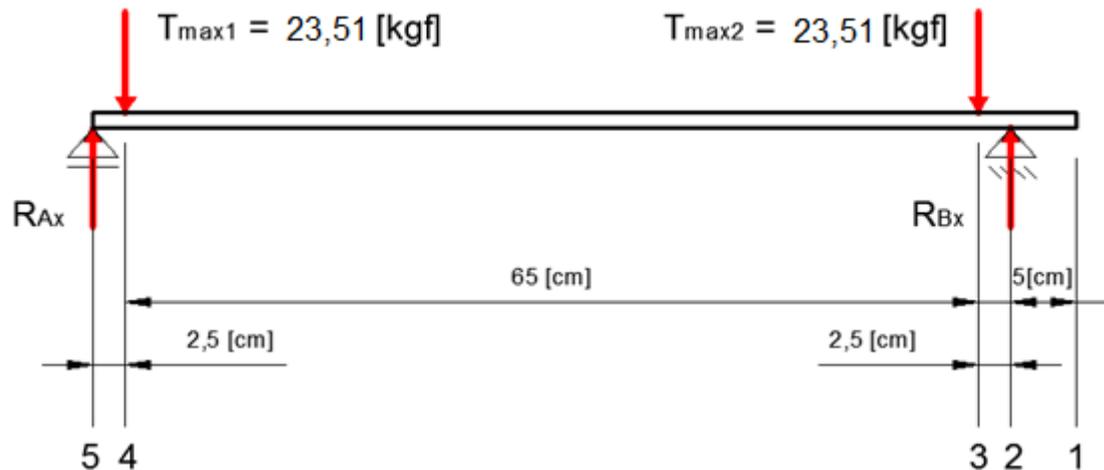


Figura 138. Diagrama de carga del eje en el plano "XZ"

Primeramente planteamos la sumatoria de fuerzas en el eje "x" y la sumatoria de momentos con respecto al punto "5".

$$\Sigma F_x = R_{Ax} - T_{max1} - T_{max2} + R_{Bx} = 0$$

$$\Sigma M_5 = R_{Bx} * 70 [cm] - T_{max2} * 67,5 [cm] - T_{max1} * 2,5 [cm] = 0$$

Mediante el método de sustitución determinamos los valores de las reacciones.

$$R_{Ax} = R_{Bx} = 23,51 [kgf]$$

### Diagrama de momentos flectores en el plano "XZ"

A continuación determinamos los momentos flectores en cada punto considerado en el diagrama anterior (Figura 138).

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$\Sigma M_3 = 23,51 [kgf] * 2,5 [cm] = 58,77 [kgf cm]$$

$$\Sigma M_4 = 23,51 [kgf] * 67,5 [cm] - 23,51 [kgf] * 65 [cm] = 58,77 [kgf cm]$$

$$\Sigma M_5 = - 23,51 [kgf] * 2,5 [cm] - 23,51 [kgf] * 67,5 [cm] + 23,51 [kgf] * 70 [cm] = 0$$

A continuación realizaremos el cálculo de momento flector para un punto de prueba "p", con el fin de verificar que la magnitud del momento flector se mantiene constante.

$$\Sigma M_p = - 23,51 [kgf] * 32,5 [cm] + 23,51 [kgf] * 35 [cm] = 58,77 [kgf cm]$$

Realizamos el diagrama de esfuerzos para dicho plano:

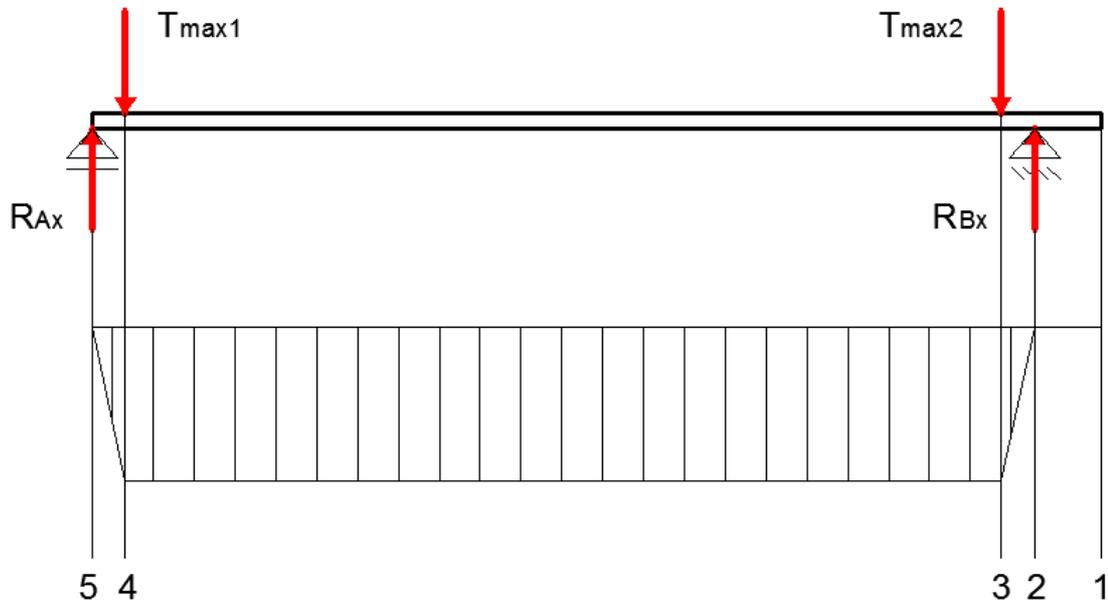


Figura 139. Diagrama de momento flector del eje en el plano "XZ"

### Momento flector máximo

Podemos observar que el momento flector máximo posee un valor de 58,77 [kgf cm], dicho valor será el utilizado para el cálculo del diámetro del eje.

### Momento torsor máximo

Durante su operación, el eje se encuentra sometido al par resistente originado por la fuerza denominada anteriormente como "fuerza de tracción máxima" ( $T_{max}$ ), que se opone al movimiento. Podemos determinar entonces su valor, sabiendo que es constante a lo largo de todo el eje y además se considera que dicha fuerza es ejercida en ambas cadenas, para contemplar la situación más desfavorable.

$$M_t = 2 * T_{max} * \frac{d}{2} = 2 * 23,51 [kgf] * \frac{8,924 [cm]}{2} = 209,8 [kgf cm]$$

## Cálculo del eje por Westinghouse

Es necesario definir inicialmente el material del eje. Considerando los bajos esfuerzos anteriormente expresados, se opta por un acero de denominación SAE 1010 estirado en frío.

Para determinar el diámetro mínimo y poder así dimensionar el eje, se hace uso de la ecuación del esfuerzo equivalente (Westinghouse), como se realizó anteriormente.

$$d = \sqrt[3]{N_* \sqrt{\left(\frac{32 * M_f * k_f}{\pi * C_a * C_b * C_c * C_d * S_n}\right)^2 + \left(\frac{16 * M_t}{\pi * S_{ys}}\right)^2}} \quad (\text{XXI})$$

A continuación se determinan los coeficientes que incluye la expresión:

- Coeficiente de seguridad ( $N$ ): se recomienda utilizar un valor de 1,5.
- Coeficiente de concentración ( $k_f$ ): el eje en cuestión no presenta ningún tipo de concentrador de tensiones. Por lo tanto dicho coeficiente es igual a 1.
- Coeficiente de acabado superficial ( $C_a$ ): para la determinación de este factor se utiliza el siguiente gráfico (Figura 140), ingresando con el valor de resistencia a la tracción del acero SAE 1010 y seleccionando la curva correspondiente al tipo de acabado (estirado en frío). El coeficiente obtenido es de 0,8.

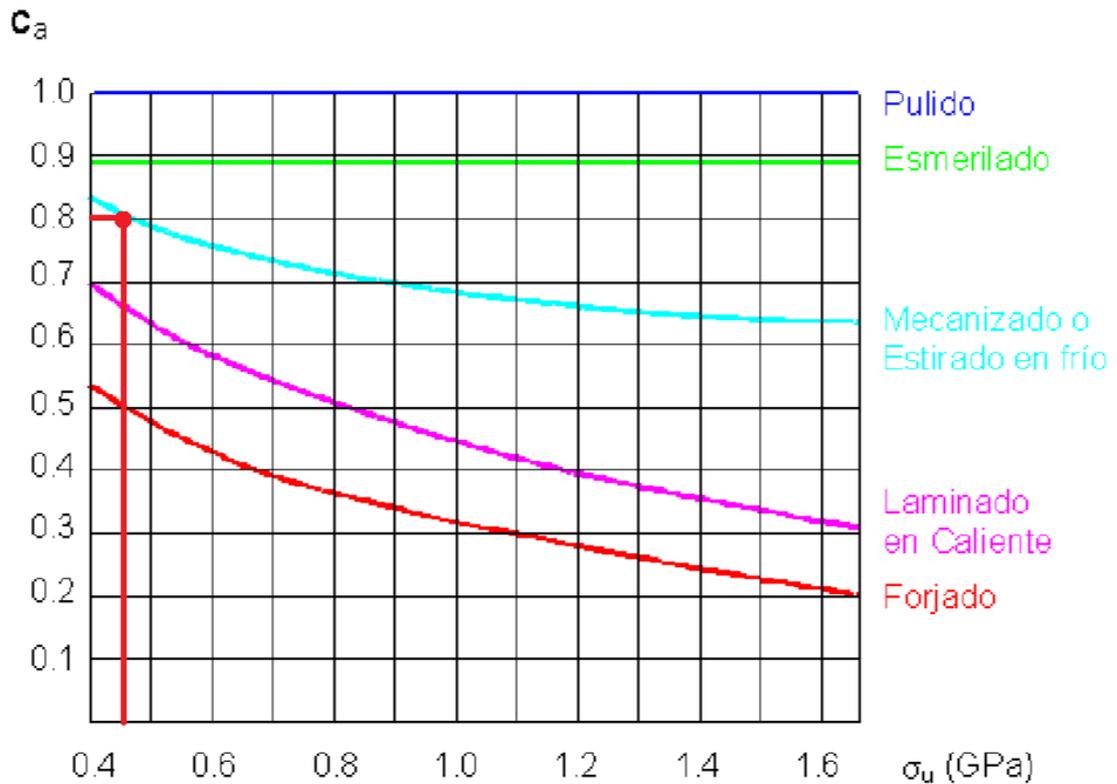


Figura 140. Gráfica de coeficientes de acabado superficial

- Coeficiente de efectos de tamaño ( $C_b$ ): para los casos de flexión y torsión de una pieza de sección circular se puede tomar como un valor aproximado el obtenido con la siguiente relación (para diámetros entre 8 y 250 [mm]). Es necesario estimar un diámetro para utilizar dicha expresión, se adopta por 20 [mm].

$$C_b = 1,189 * d^{-0,097} = 1,189 * 20^{-0,097} = 0,889$$

- Coeficiente de confiabilidad ( $C_c$ ): este coeficiente se determina mediante la tabla expuesta a continuación. Para la determinación del mismo se optó por una confiabilidad del 90%. El coeficiente obtenido es de 0,897.

Confiabilidad	$C_c$
0.50	1.000
0.90	0.897
0.95	0.868
0.99	0.814
0.999	0.753
0.999 9	0.702
0.999 99	0.659
0.999 999	0.620

Figura 141. Coeficiente de confiabilidad

- Coeficiente de efectos de la temperatura ( $C_d$ ): para temperaturas inferiores a 450 [°C] se estima un coeficiente igual a 1.
- Límite de fatiga en flexión del material ( $S_n$ ): es aproximadamente igual a la mitad de la magnitud de la resistencia a la tracción ( $S_u$ ) del acero SAE 1010. Por lo que se obtiene un valor de 2355 [kg/cm<sup>2</sup>].
- Resistencia de fluencia a cizalladura del material ( $S_{ys}$ ): se emplea la mitad del valor de la resistencia de fluencia en tracción ( $S_y$ ). Se determina entonces una magnitud de 1933,5 [kg/cm<sup>2</sup>].

Una vez determinadas todas las variables, reemplazamos dichos valores en la ecuación (XXI):

$$d = \sqrt[3]{1,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{32 \cdot 58,77 \text{ [kg cm]} \cdot 1}{\pi \cdot 0,8 \cdot 0,889 \cdot 0,897 \cdot 1 \cdot 2355 \text{ [kg/cm}^2\text{]}}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot 209,8 \text{ [kg cm]}}{\pi \cdot 1933,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]}}\right)^2}}$$

$$d = 1,007 [cm] = 10,07 [mm]$$

Es importante mencionar que el diámetro determinado a través de los anteriores cálculos posee un valor considerablemente pequeño, esto puede dificultar el ensamble del conjunto debido al asiento de los rodamientos y presentar la necesidad de realizar un acoplamiento en el eje motriz con el motorreductor.

Se opta por utilizar dos ejes de diámetro 25 [mm] (motriz y de reenvío), teniendo en cuenta el diámetro de salida de la caja reductora, la cual se detalla más adelante. Esta determinación reduce los costos de inversión debido a que no existe la necesidad de utilizar un acoplamiento, disminuye la complejidad del sistema, aumenta la eficiencia y brinda un mayor grado de confiabilidad.

### **Selección de los rodamientos:**

Se decide utilizar, nuevamente, rodamientos de la marca “SKF” del tipo rígido de una hilera de bolas con sello para fluidos. El mismo contará con un soporte de pestaña ovalado para el eje del transportador a cangilones que será pasante.

El conjunto seleccionado tiene la designación: F2BSS 25M-YTPSS (soporte F2BSS 505-Y y rodamiento YAR 205-2LPW/SS).



Figura 142. Conjunto de rodamiento seleccionado (“SKF”)

**Selección del motor:**

Para seleccionar el motor es necesario determinar en primer lugar la potencia:

$$P = \frac{2 * T_{m\acute{a}x} * v}{\eta}$$

Se considera un rendimiento del 60%, en el cual se incluye el reductor. Además, se mayor a un 20% debido a las resistencias adicionales por envolvimiento de las cadenas sobre las ruedas:

$$P = \frac{2 * 23,51 [kg] * 9,81 [m/s^2] * 0,046 [m/s]}{0,60} * 1,20 = 42,43 [W] \rightarrow P = 0,06 [HP]$$

Seleccionamos entonces un motor de 0,25 [HP] bajo el mismo criterio del apartado anterior (Sección 2.3.1), es decir, debido a su amplia disponibilidad en el mercado y su reducido costo de inversión. Además se continúa con la intención de normalizar el tipo de motores a utilizar en los equipos.

Nuevamente se utiliza un motor de la marca “WEG”, modelo “W22 IE2”.

**Resumen de las características técnicas**

Norma	IEC 60034-1	Potencia	0.25 HP
Frecuencia	50 Hz	Fijación	Sin pies
Tensión	220/380 V	Brida	C-DIN
Numero de polos	4	Forma constructiva	B34R(E)
Grado de protección	IP55	Caja de conexión*	Posición derecha
Rotación sincrónica	1500 rpm	Refrigeración	IC411 - TEFC



Figura 143. Características técnicas del motor (“WEG”)

**Selección de la transmisión:**

La transmisión de este equipo tendrá la disposición mostrada a continuación.

Para esto se utilizará un reductor de engranaje y tornillo sin fin de la marca “STM” con la designación “WMI 50”, que cuenta con la mayor relación de reducción posible, la misma tiene un valor de 100, con lo cual se obtiene una velocidad de salida de 14 [rpm].

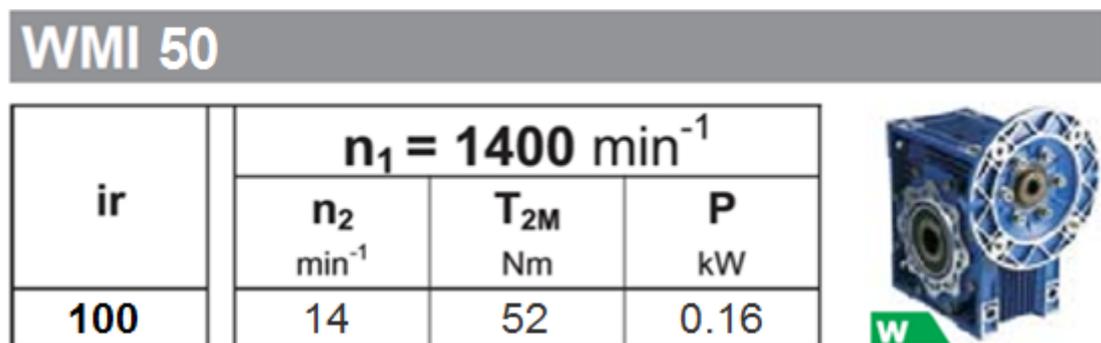


Figura 144. Características técnicas de la caja reductora (“STM”)

*Aclaración: 0,16 [kW] ≈ 0,22 [HP]*

Es necesario remarcar que la potencia a la que estará sometido el reductor es la ejercida por el par de resistencia, es decir, un valor de 0,07 [HP] la cual es considerablemente menor que la máxima permitida para el reductor.

**2.3.3 Diseños estructurales y funcionales**

A continuación se expone el desarrollo de los diseños estructurales correspondientes al tanque de lavado.

**Soporte del conjunto motriz de las palas rotativas:**

Debido a la configuración establecida para la transmisión de las palas rotativas, es necesaria la construcción de un soporte para la ubicación del

motorreductor en un lateral del tanque de lavado. El mismo estará conformado por una placa de acero de 6,35 [mm] de espesor (1/4 de pulgada), unida por medio de soldaduras a dos ménsulas de acero, de 200x120 [mm], de igual espesor. Dichas ménsulas serán soldadas al lateral del tanque de lavado, para evitar, de esta forma, perforar el tanque en caso de usar tornillos.

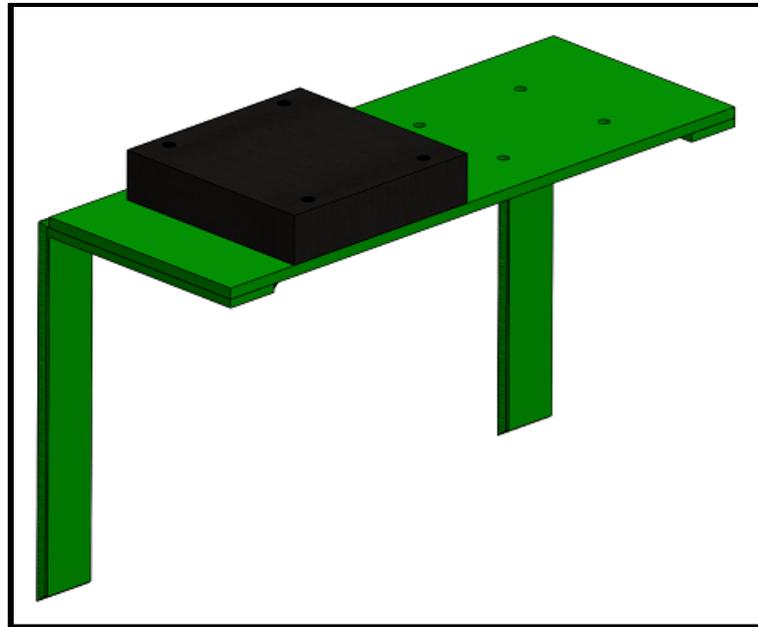


Figura 145. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en “SolidWorks”)

Podemos observar en la imagen anterior (Figura 145) que se dispone de un bloque de 120x120x27 [mm] con el fin de brindar un apoyo estable para el motor, ya que la base del mismo no coincide con la del reductor. El mismo puede ser fabricado con plástico reciclado por la empresa.

El soporte contará con las perforaciones necesarias para la sujeción del conjunto, las mismas estarán realizadas según las dimensiones de los apoyos del motor y del reductor.

En la siguiente imagen (Figura 146) se puede ver el conjunto motriz y de transmisión completamente ensamblado:

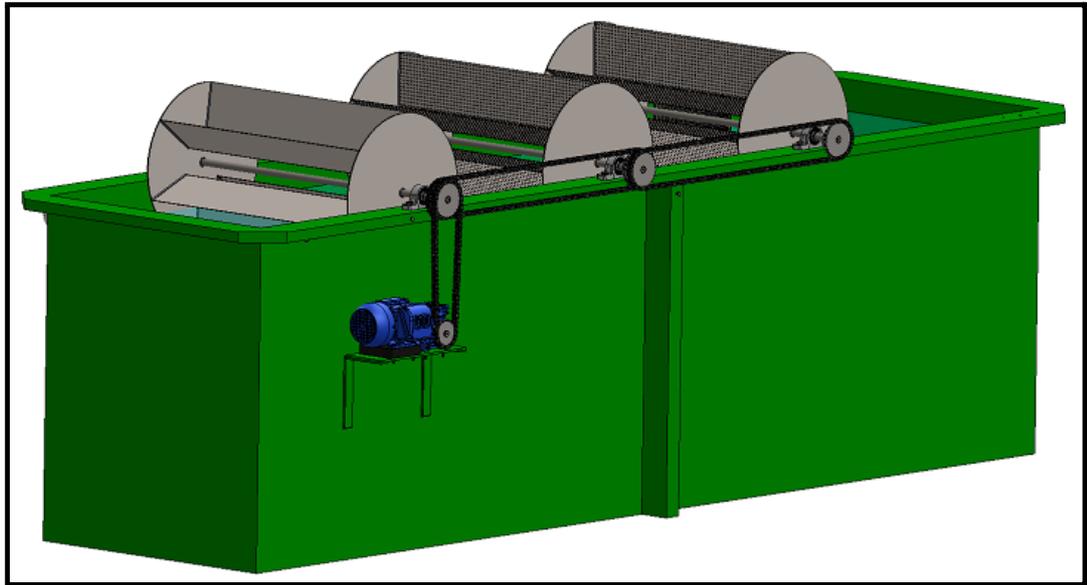


Figura 146. Conjunto motriz y de transmisión (modelo realizado en "SolidWorks")

### **Cubrecadena:**

Con el fin de brindar un mayor nivel de seguridad del personal y protección de la transmisión, se añade un cubrecadena desde el motorreductor hasta la última pala rotativa, pasando por las anteriores. El mismo estará sujeto a la estructura lateral del tanque de lavado. Cabe destacar que las dimensiones constructivas no son estrictas. A continuación podemos observar su disposición en la imagen (Figura 147).

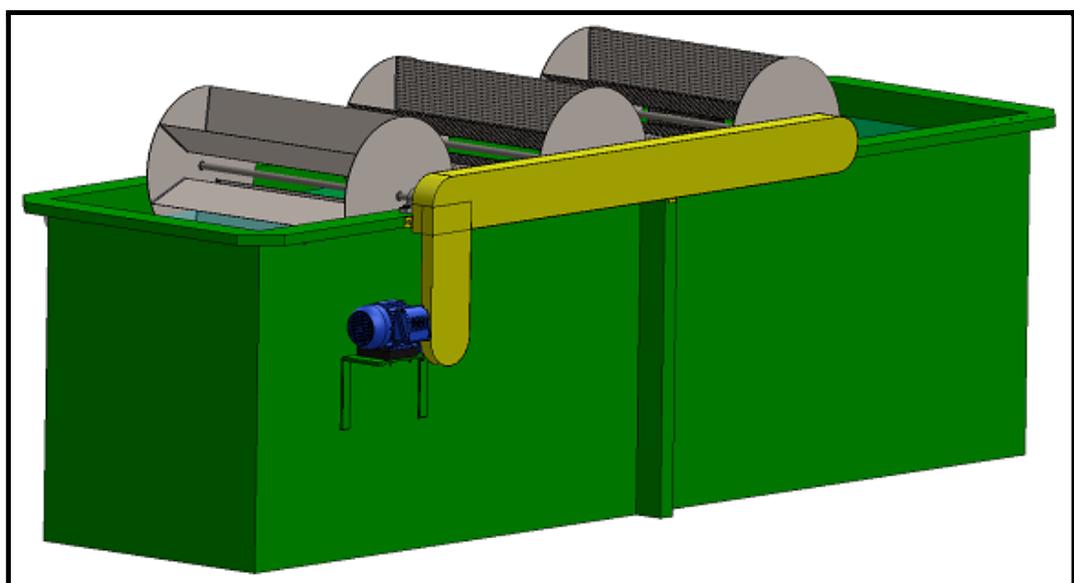


Figura 147. Cubrecadena (modelo realizado en "SolidWorks")

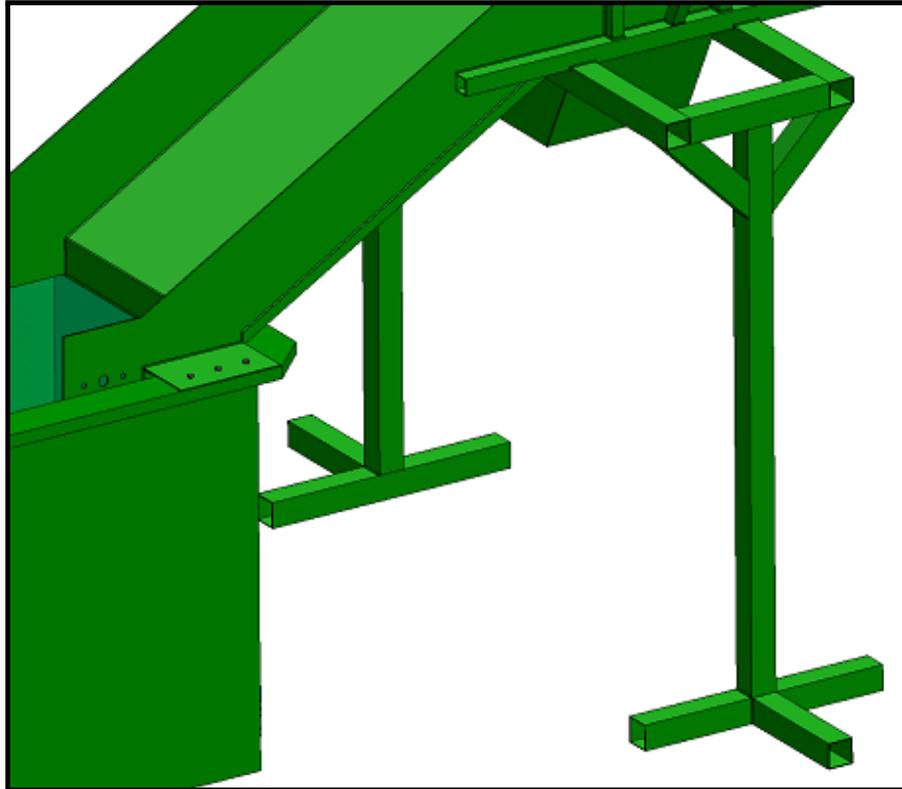
### **Estructura del transportador a cangilones:**

Se diseñó una estructura adecuada para soportar el transportador a cangilones, con la capacidad de contener y guiar el material hacia el punto de descarga, así como también permitir el retorno del agua excedente hacia el tanque de lavado.

Para el dimensionamiento se tuvieron en cuenta diversos parámetros del transportador a cangilones como el ángulo de inclinación, la separación entre ejes, el ancho del conjunto, entre otros; así también como las dimensiones del tanque de lavado, de los soportes de los rodamientos y de los bolsones de almacenamiento. A su vez, se consideró que el diseño final proporcione comodidad para el traslado y ubicación de los bolsones sobre los pallets.

Este diseño estará conformado principalmente por chapa LAC (laminada en caliente) de 3,2 [mm] de espesor (1/8 de pulgada), con el fin de obtener mayor resistencia estructural. La chapa seleccionada conformará los laterales de contención y soporte, la rampa de retorno al tanque y la tolva de descarga hacia el bolsón big bag.

La estructura se encontrará soportada en la parte inferior por el tanque de lavado, mediante dos placas, del tipo seleccionado anteriormente, soldadas a los laterales y unidas mediante tornillos al tanque, permitiendo desmontarla fácilmente en caso que se requiera. A su vez se utilizarán dos apoyos, en la parte superior, contruidos con perfil estructural cuadrado SAE 1010, de 60x60 [mm] y un espesor de 2 [mm] para brindar un mayor soporte. Dichos apoyos fueron dispuestos de forma que no intervengan con el espacio ocupado por el bolsón y el pallet, y que además permitan el movimiento de los mismos.



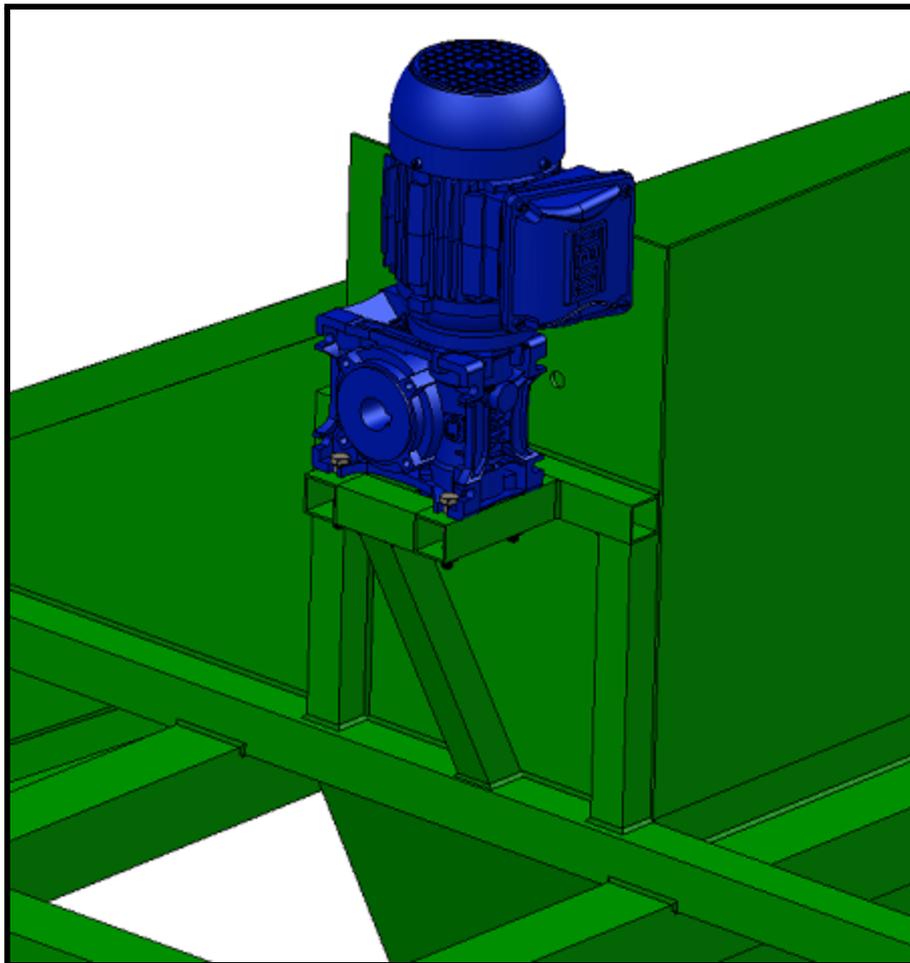
*Figura 148. Soportes inferiores y superiores (modelo realizado en "SolidWorks")*

También se dispondrá de una estructura conformada por dos perfiles cuadrados SAE 1010 de 40x40 [mm], con espesor de 2 [mm], donde se ubicarán cuerdas elásticas que serán utilizadas para la sujeción, mediante ganchos, de los bolsones big bags; esto se realiza con el único fin de mantener la forma del bolsón para realizar la carga del mismo. Al utilizar una cuerda elástica se evita la transmisión de los esfuerzos hacia la estructura y se facilita el agarre y liberación del bolsón.



*Figura 149. Cuerdas elásticas con ganchos*

Para soportar el conjunto motriz, en su posición correspondiente, se diseña una estructura adecuada con perfil estructural cuadrado de acero SAE 1010 de 30x30 [mm], que posee un espesor de 2 [mm]. La misma se encontrará soldada en un lateral de la estructura y soportada por la estructura principal. Además, tendrá las perforaciones necesarias para sujetar mediante tornillos la caja reductora. El motor estará dispuesto de forma suspendida, como se puede observar en la siguiente imagen (Figura 150), acoplado mediante la brida (designación B14).



*Figura 150. Soporte del conjunto motriz (modelo realizado en "SolidWorks")*

Con el fin de brindar mayor resistencia estructural, se incorporan perfiles en ángulo de alas iguales de 25,4 [mm], de acero LAC y espesor 3,2 [mm] (1/8 de pulgada). Estos estarán soldados, a ambos lados de la estructura,

entre la rampa y los laterales de contención, significando una unión más resistente.

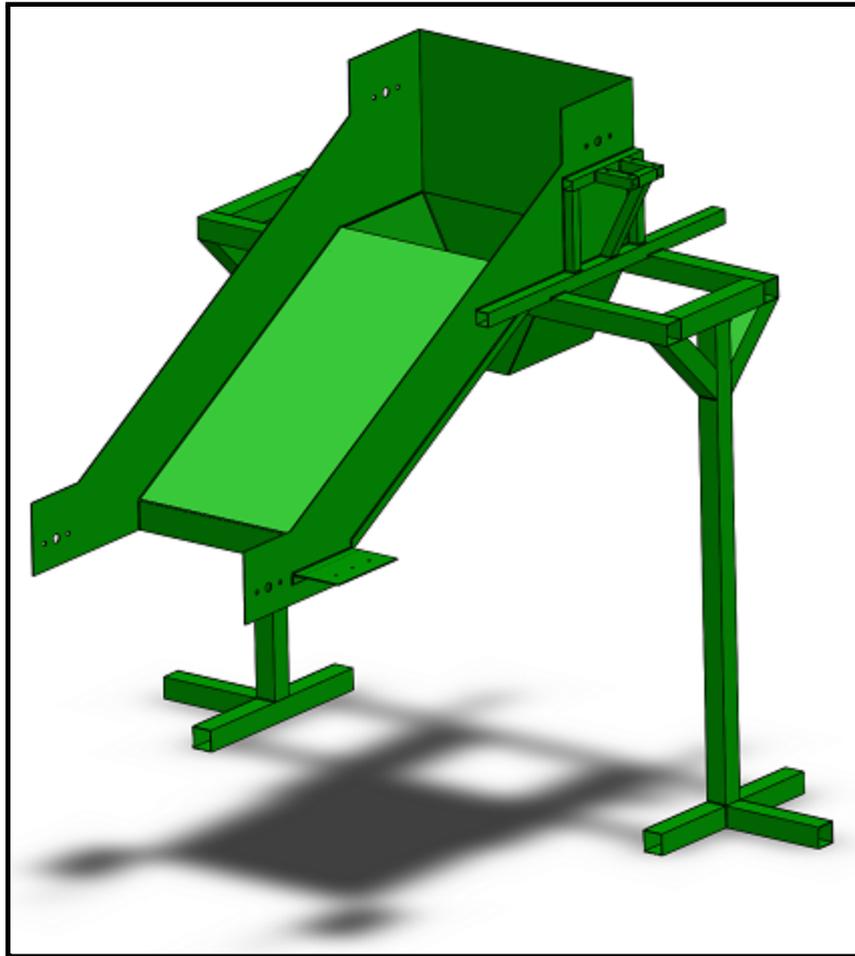


Figura 151. Vista de la estructura (modelo realizado en "SolidWorks")

### **Protección antioxidante:**

En primer lugar, es necesario aclarar que, para la construcción de los distintos componentes del tanque de lavado, se optó por utilizar acero al carbono en lugar de acero inoxidable o en su defecto acero galvanizado. Esto es debido a diversos factores, principalmente el costo económico que estos materiales representan y también la dificultad de fabricar elementos sin dañar la protección antióxido de los mismos (soldar, cortar, plegar, etc.).

El metal seleccionado debe ser protegido adecuadamente para evitar que la corrosión no lo deteriore, por lo que se decide utilizar esmalte epoxi como protección contra dicho proceso químico. Es necesario recubrir las superficies que se encuentran en contacto directo o indirecto con el agua como el conjunto de palas rotativas, cada uno de los cangilones, la estructura del transportador a cangilones y los ejes. De esta manera se logra preservar el material en óptimas condiciones mediante un bajo costo de inversión.

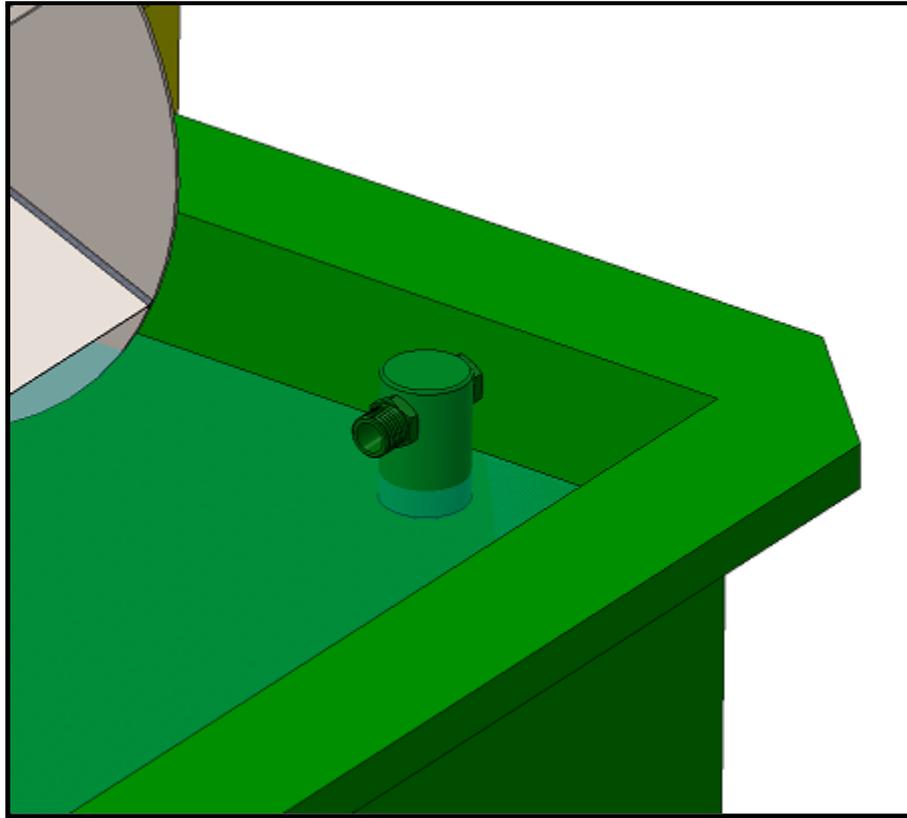
### **Control del nivel de agua:**

Como ya se mencionó anteriormente, es necesario mantener el nivel del agua entre dos cotas medidas entre el pelo del agua y el borde superior del tanque de lavado. La cota mínima es de 80 [mm] y la cota máxima es de 100 [mm]. Este parámetro estará regulado por un flotante compacto de nivel (Figura 152).



*Figura 152. Flotante compacto de nivel ("Precons")*

El flotante será ubicado a una cota de 90 [mm], logrando de esta manera mantener el agua dentro de los niveles satisfactorios, considerando las fluctuaciones debido al movimiento por parte de las palas rotativas, sin afectar el funcionamiento de las mismas ya que la válvula ocupa un espacio reducido.



*Figura 153. Flotante ubicado en el tanque (modelo realizado en “SolidWorks”)*

Otro inconveniente que se presenta, es la diferencia del nivel del fluido entre la zona de alimentación del tanque de lavado y la zona de extracción del mismo. Esta diferencia de cotas es generada por el desplazamiento superficial del agua que es impulsada por las palas rotativas, para evitar este efecto se dispondrá de una tubería lateral que comunique dichas zonas del tanque de lavado logrando, de esta manera, mantener el mismo nivel en ambos sectores. Para esto se utilizará un caño de PVC de 100 [mm] de diámetro junto con dos codos a 90°. Además, debemos recordar que las palas rotativas serán construidas con chapa perforada, lo que reduce en gran medida el efecto mencionado.

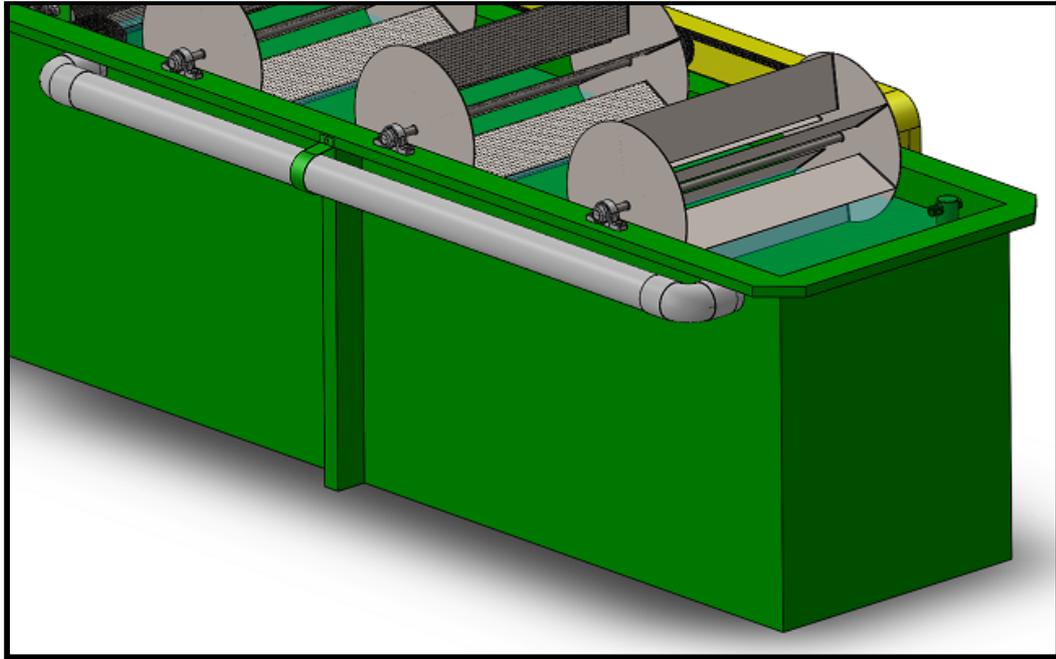


Figura 154. Cañería compensadora de nivel (modelo realizado en "SolidWorks")

El centro de la sección de la tubería será coincidente con el nivel del agua determinado por el flotante compacto que se mencionó anteriormente, es decir, a 90 [mm] desde el borde superior del tanque de lavado. También es necesario mencionar que se incorporará una rejilla en la boca de entrada del caño, para evitar el ingreso del plástico molido.

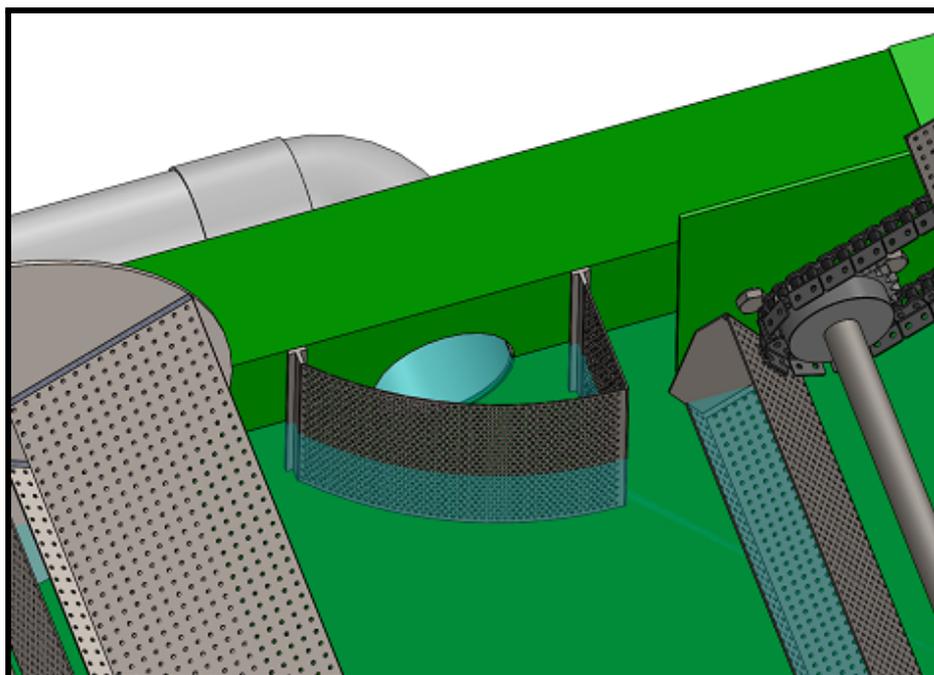


Figura 155. Rejilla de entrada (modelo realizado en "SolidWorks")

### **Drenaje y limpieza:**

Para lograr un correcto funcionamiento del sistema, es necesario asegurar una limpieza regular del tanque. El mismo acumulará suciedad y sedimentos en su interior que, junto al agua, deberán ser retirados con cierta periodicidad.

Debemos mencionar que el tanque utilizado cuenta actualmente con una válvula esférica (Figura 156), ubicada en el fondo del mismo, la cual se emplea para drenar el tanque de manera completa. Por lo tanto, se aprovechará la misma para realizar el vaciado y de esta manera efectuar la limpieza del fondo y las superficies laterales internas del tanque, según se requiera.



*Figura 156. Válvula esférica del tanque*

El procedimiento de mantenimiento, una vez drenada el agua, será desempeñado por un operario que contará con la posibilidad de ingresar al tanque, con el previo retiro del tercer conjunto de palas rotativas, que cuenta

con un piñón simple, facilitando el desmontaje y posterior montaje de la cadena de transmisión.

### **Función secundaria de limpieza:**

Como se mencionó en el anteproyecto, cuando el material a procesar en la línea de producción es de tamaño pequeño (tapas de botellas y de bidones de agua, entre otros) y no requiere de la primer etapa de molienda en el molino a martillos, se realiza, actualmente, una primera decantación en una pileta para luego ingresar al molino a cuchillas. De esta manera se evita que materiales metálicos y otro tipo de objetos no deseados ingresen al molino en cuestión.

En el proceso proyectado se define utilizar el tanque de lavado para realizar la primera decantación y limpieza del material que requiere una única etapa de molienda. El mismo ingresará en el extremo inicial del equipo, donde se encuentran las palas rotativas, finalizando su recorrido en el transportador a cangilones y la tolva de descarga.

Se debe considerar que una vez finalizada la limpieza de la materia prima, la misma será transportada e ingresada, de forma directa, en la cinta transportadora II para continuar su recorrido y procesamiento, a través de la línea de producción.

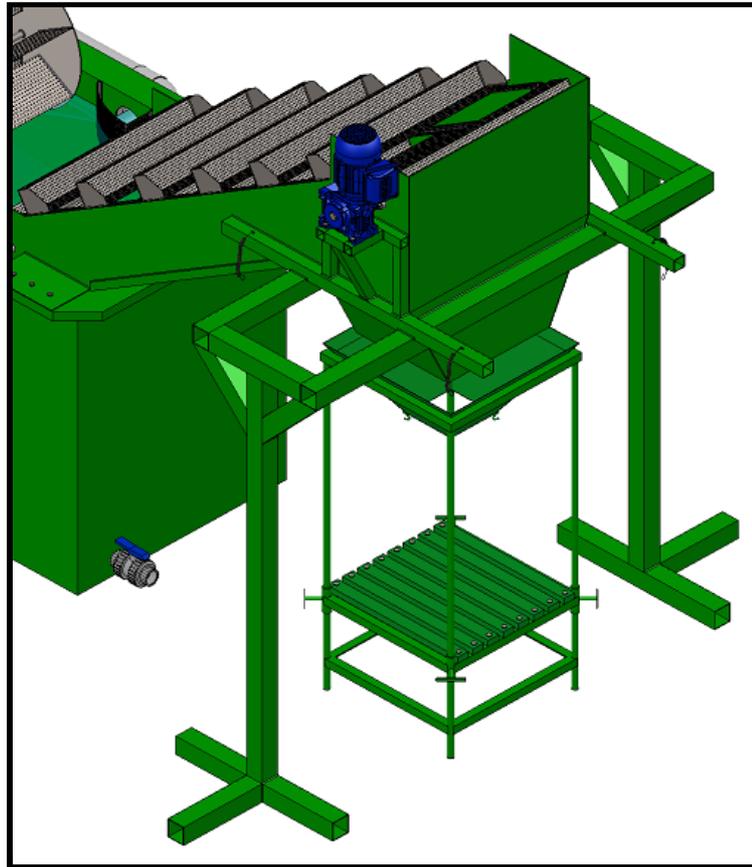
El transporte de la materia prima será realizado en bolsas u otro tipo de contenedores que se ajuste correctamente a las necesidades y puedan ser manipulados fácilmente de forma manual. Por lo tanto, es indispensable que la salida de la tolva de descarga, del tanque de lavado, cuente con la posibilidad de adaptarse a las medidas de dichas bolsas o contenedores, que tendrán un tamaño considerablemente menor a los bolsones big bags utilizados para el material molido.

La adaptación se realizará mediante el soporte para fraccionado en bolsas que es actualmente utilizado en Quanta (Figura 157). El mismo cuenta con una tolva de carga que se adapta correctamente a las dimensiones de la estructura de salida del transportador a cangilones. Además, posee una base con regulación en altura, lo que permite adaptarse fácilmente a las dimensiones del elemento de envasado utilizado. Dispone también de ganchos, utilizados para sujetar las bolsas, en caso que se requiera.



Figura 157. Soporte de carga (modelo realizado en "SolidWorks")

El soporte de carga será dispuesto a la salida de la tolva de descarga (Figura 158), del tanque de lavado, solo cuando se realice el proceso previo de limpieza de materia prima de tamaño pequeño.



*Figura 158. Disposición del soporte de carga (modelo realizado en "SolidWorks")*

### **2.3.4 Modelo final del conjunto y principales datos técnicos**

A continuación se exponen algunas imágenes del modelo final del tanque de lavado.

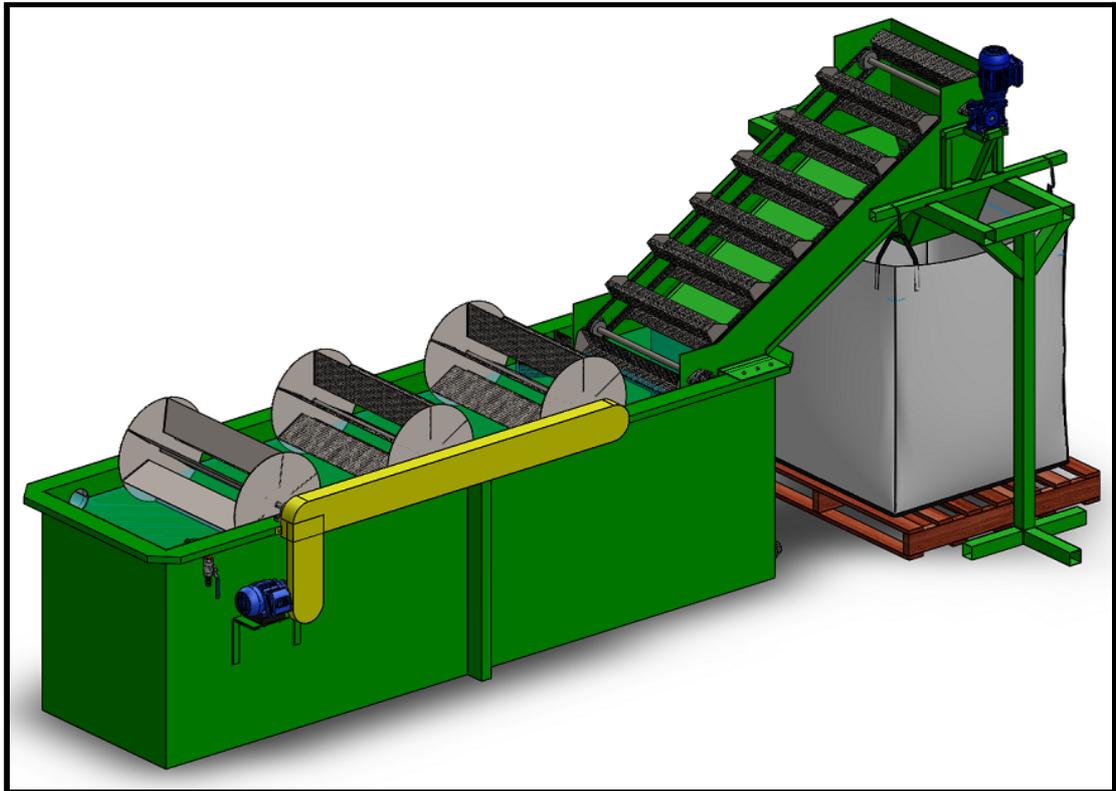


Figura 159. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "SolidWorks")

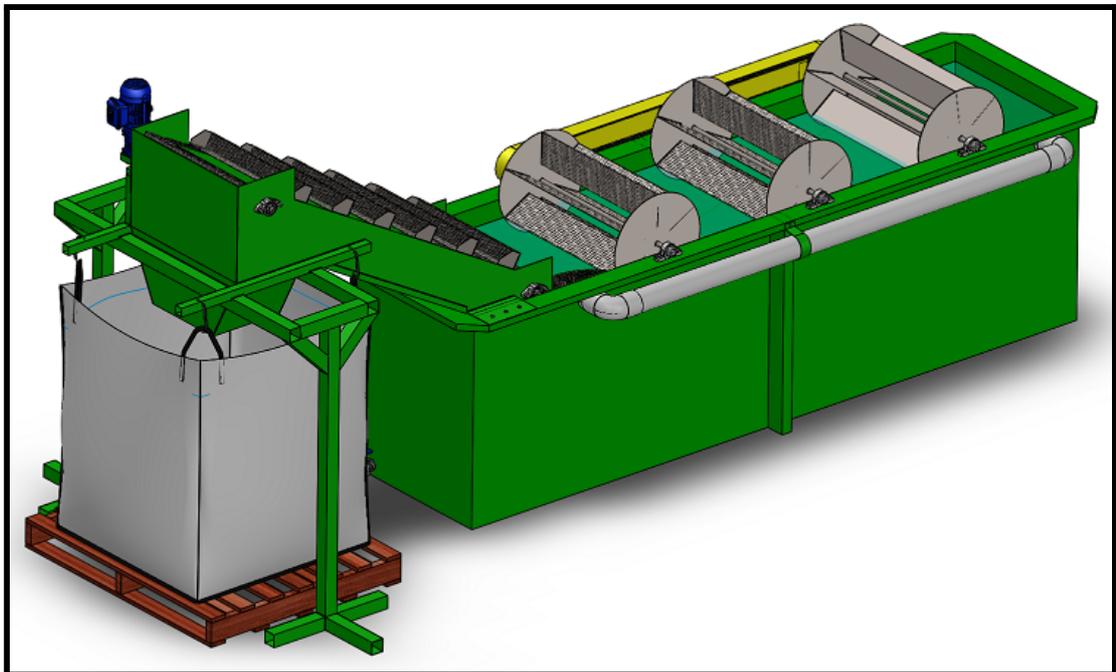


Figura 160. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "SolidWorks")

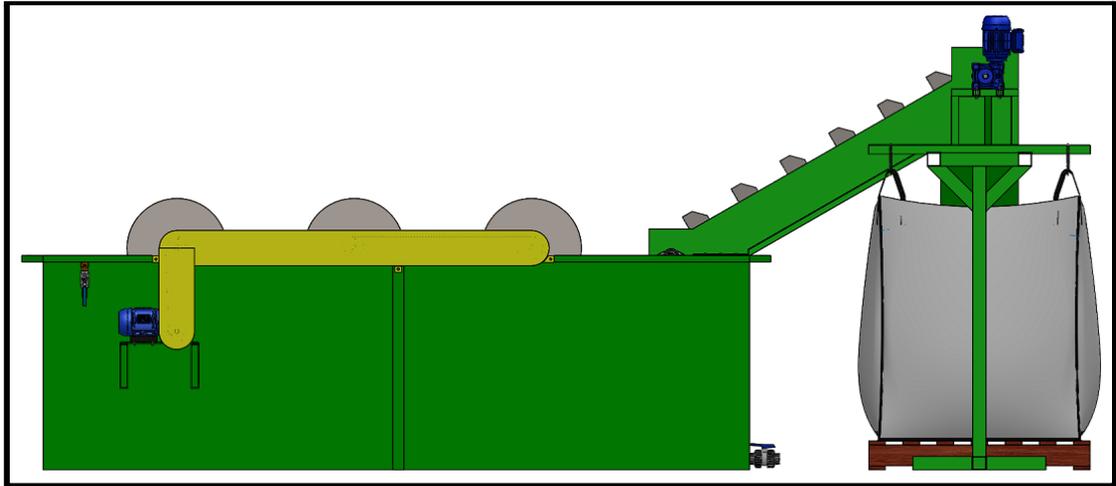


Figura 161. Vista lateral (modelo realizado en "SolidWorks")

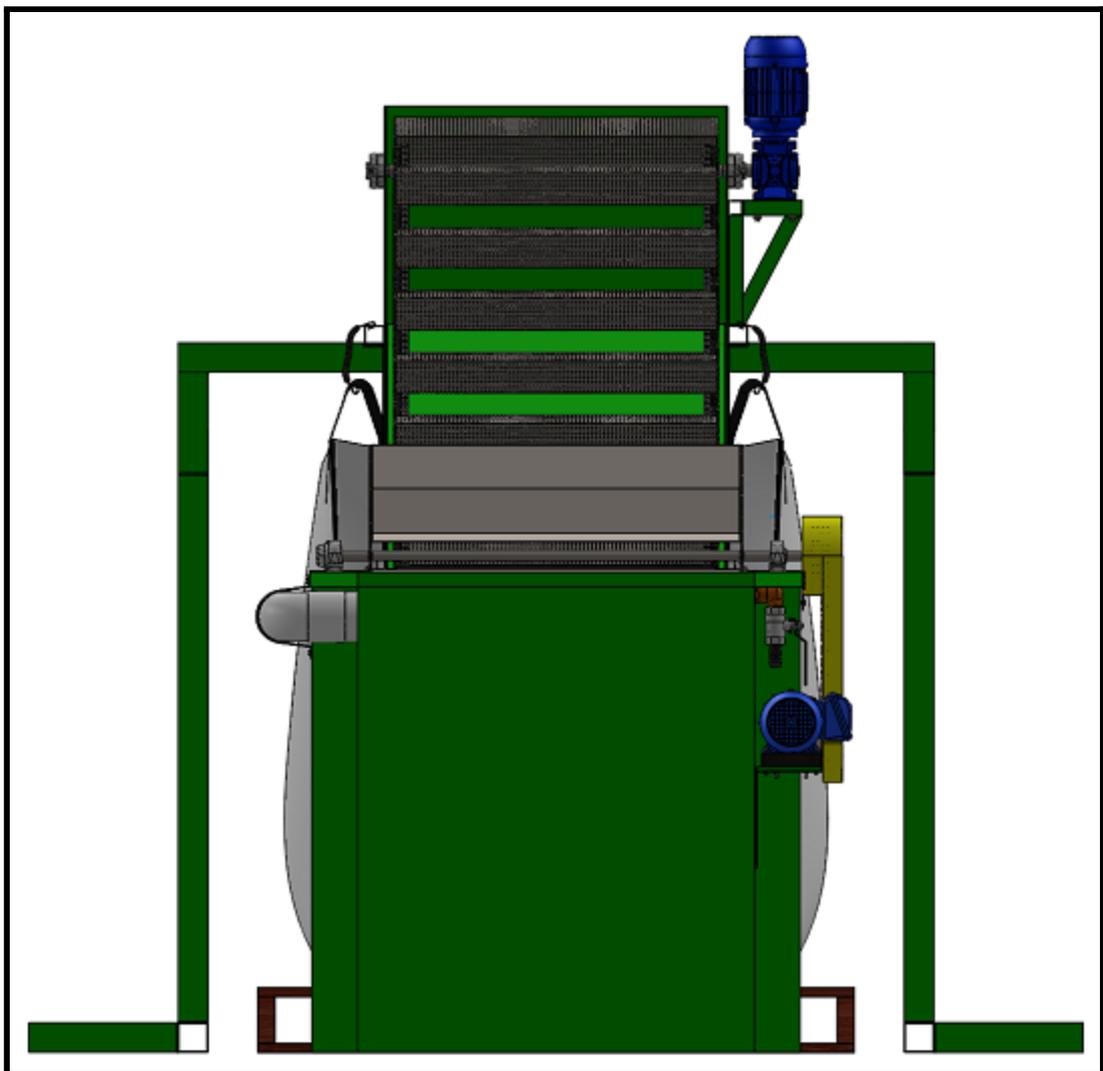


Figura 162. Vista frontal (modelo realizado en "SolidWorks")

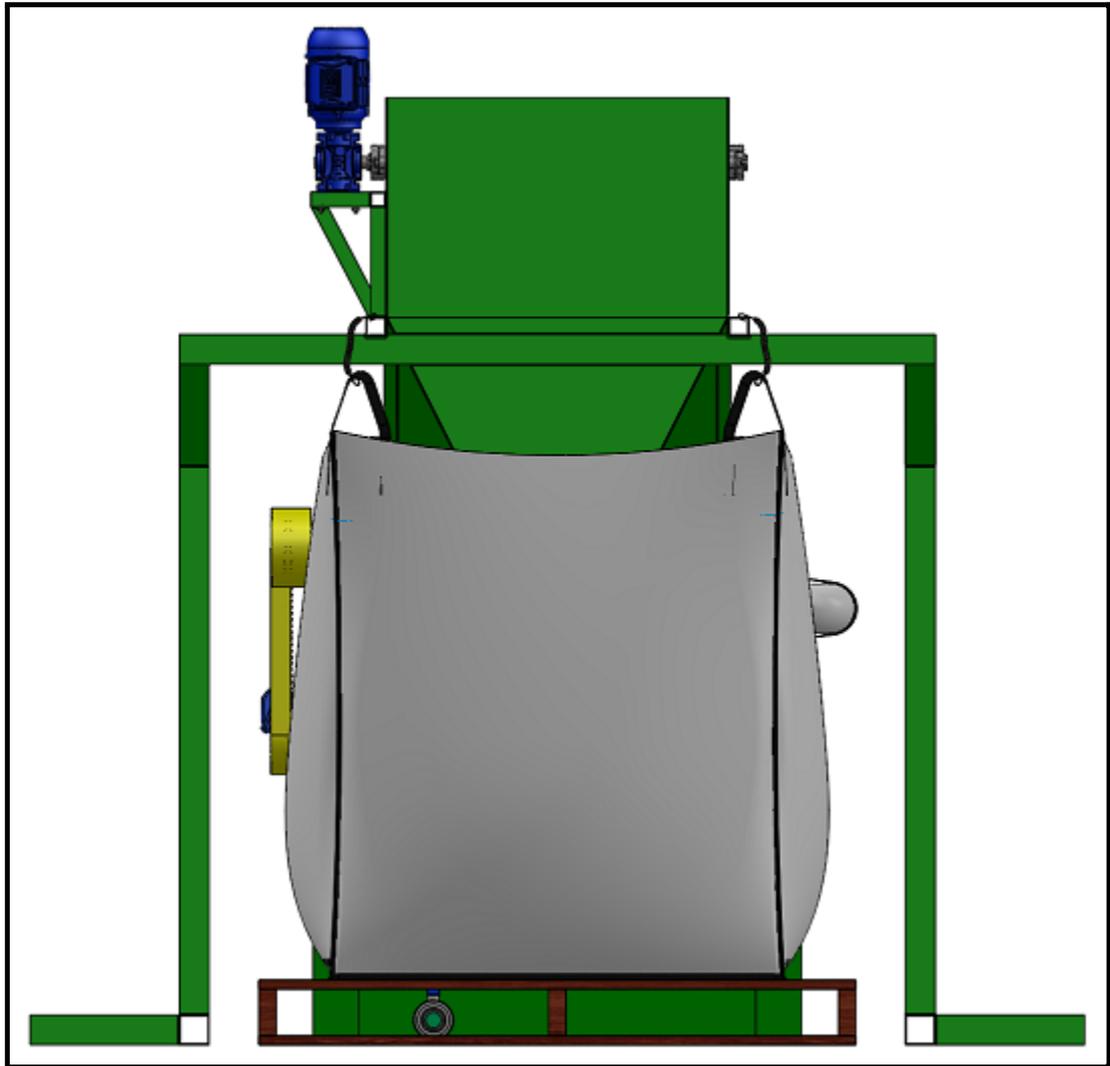


Figura 163. Vista posterior (modelo realizado en "SolidWorks")

Datos técnicos:

Seguidamente se presentan los principales datos técnicos del equipo.

Tabla 20. Datos técnicos del tanque de lavado

Tanque de lavado		
Palas rotativas		
Características		Datos
Motor	Potencia	0,25 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]

	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Velocidad angular	1500 [rpm]
Reductor	Tipo	Tornillo sin fin y corona
	Relación	100:1
Transmisión	Cadena	ASA 40
	Piñón motriz	19 dientes
	Piñones conducidos	26 dientes
	Relación	26:19
General	Cantidad de conjuntos	3
	Cantidad de palas por conjunto	6
	Velocidad angular	10 [rpm]
<b>Transportador a cangilones</b>		
<b>Características</b>		<b>Datos</b>
Motor	Potencia	0,25 [HP]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Tensión nominal	220 / 380 [V]
	Velocidad angular	1500 [rpm]
Reductor	Tipo	Tornillo sin fin y corona
	Relación	100:1
General	Cantidad de cangilones	14
	Tipo de cadena	ASA 40 con aditamento
	Piñones	22 dientes
	Velocidad angular	14 [rpm]
	Ángulo de inclinación	30°
	Distancia entre ejes	1638 [mm]

Para mayores detalles constructivos y dimensiones se puede observar el Anexo A (32 a 40) donde se encuentran los planos del equipo.

## **2.4 Modificaciones de equipos**

Debido a los cambios realizados en la línea de producción, con respecto a la disposición de las máquinas preexistentes y la incorporación de nuevos equipos, es necesario realizar ciertas modificaciones, principalmente estructurales, en la maquinaria actual, con el fin de adaptar correctamente las mismas al nuevo proceso productivo definido.

### **2.4.1 Modificaciones de la sierra circular de banco**

Las modificaciones a realizar en la sierra circular de banco tienen que ver particularmente con la seguridad del operario. Como se mencionó en los objetivos específicos del presente proyecto, es necesario incorporar un sistema de seguridad adecuado en la sierra, que disminuya los riesgos latentes que este equipo representa para el operario. Se debe remarcar que un contacto con el disco de la sierra en movimiento puede significar cortes y amputaciones.

Se llevará a cabo el diseño de una carcasa superior, que cubra la parte visible del disco de corte, por encima de la mesa. Su misión es, principalmente, impedir el contacto de las manos u otra parte del cuerpo con el disco en movimiento y proteger contra la posible proyección de fragmentos.

También se diseñará un sistema de rieles que cuente con un carro empujador, de forma longitudinal, para ayudar a desplazar el material a cortar y brindarle mayor seguridad al operario. Además, el sistema contará con una guía paralela al disco de corte, con la posibilidad de ser desplazada

a la ubicación deseada. La misma servirá para mantener firme y alineado, en todo momento, el elemento a cortar.

### **Carcasa protectora:**

La protección será de forma semicircular y contará con un mecanismo, por medio del cual, mediante un pedal ubicado en el piso, la carcasa girará de manera concéntrica al disco de corte, descubriendo de esta manera el mismo. La apertura de la protección será proporcional al recorrido del pedal, por lo que el operario podrá controlar fácilmente con el pie la superficie de corte requerida, mientras manipula con ambas manos el elemento a cortar.

Cabe destacar que la utilización del sistema de protección diseñado cuenta con la principal ventaja de no necesitar de las extremidades superiores del cuerpo, para controlar el funcionamiento del mismo, dejando de esta manera ambas manos libres para poder realizar sin problemas el corte necesario.

La carcasa protectora (Figura 164) estará construida de chapa LAF de 1,25 [mm] de espesor. Se ubicará sobre un soporte concéntrico al eje del disco de corte, construido en chapa LAC de 3,2 [mm] ( $\frac{1}{8}$  de pulgada) de espesor, en forma de "L", sujeto por debajo de la mesa (Figura 165). Las dimensiones de estos elementos tendrán el juego necesario para que no existan problemas de interferencia, al momento que se requiera regular en altura el disco de corte.

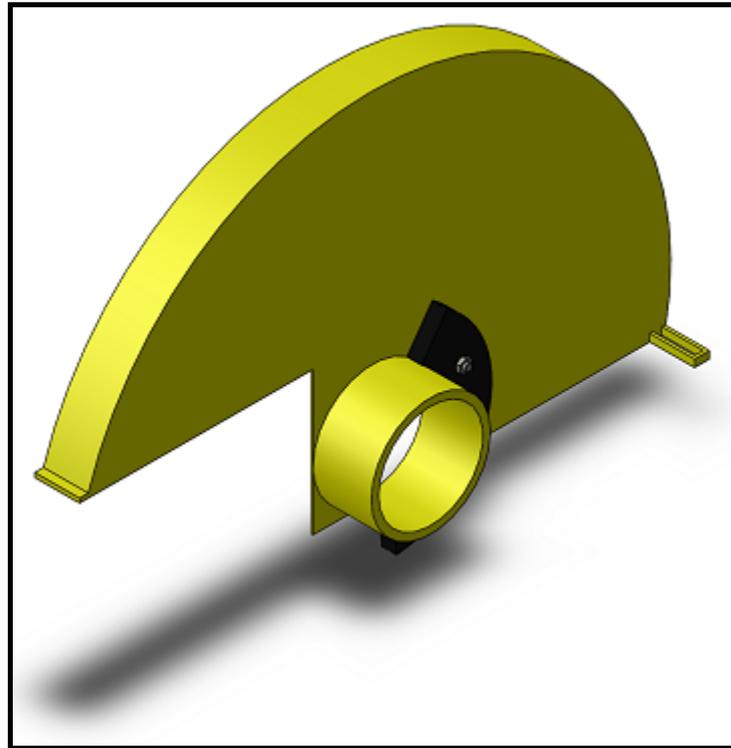


Figura 164. Carcasa protectora (modelo realizado en "SolidWorks")

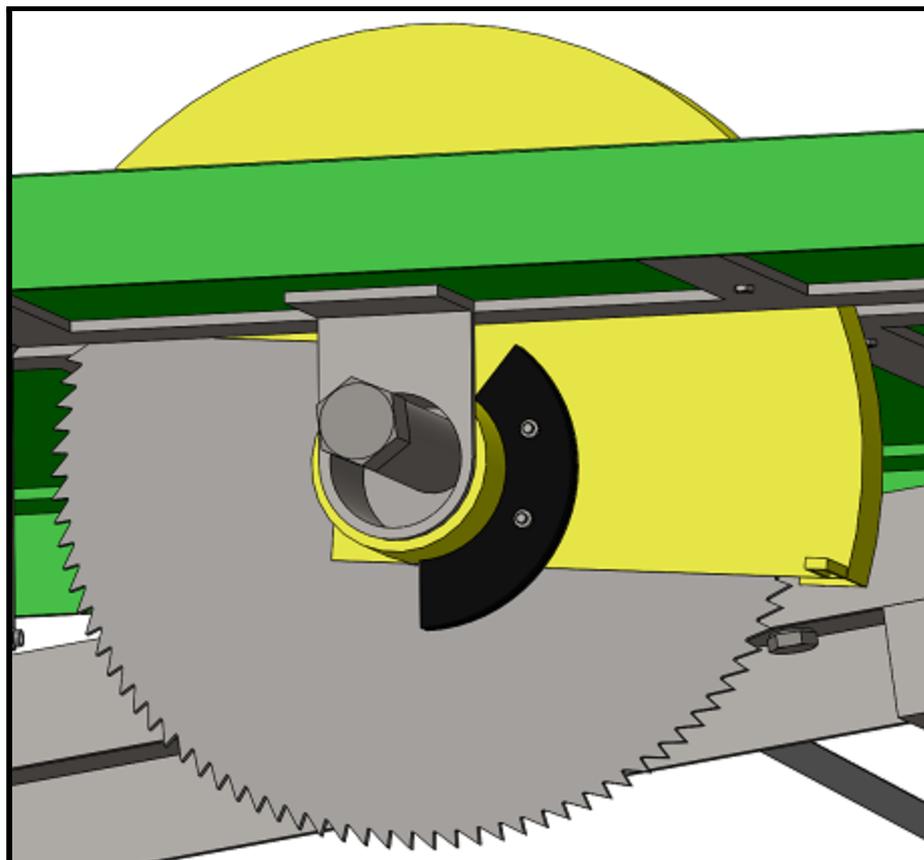
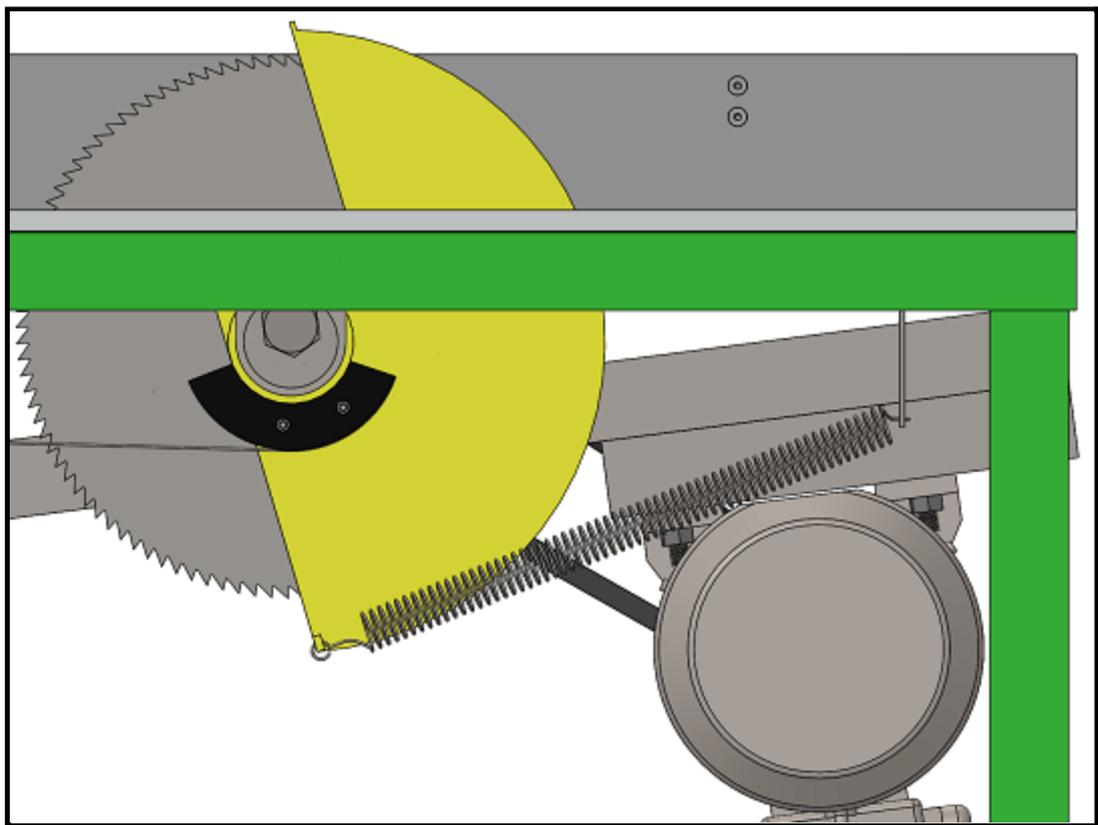


Figura 165. Detalle del soporte de la carcasa (modelo realizado en "SolidWorks")

La protección estará unida a un resorte de tracción (Figura 166), que será estirado a medida que la carcasa descubra el disco de corte, al momento de presionar el pedal. De esta manera, la protección retornará a su posición de reposo cuando no se accione el pedal.

El resorte de tracción seleccionado cuenta con un diámetro exterior de 26 [mm] y un diámetro de hilo de 1,6 [mm]. El material del mismo es acero fosfatado, posee una longitud total sin carga de 150 [mm] y una longitud de elongación máxima de 640 [mm], aproximadamente.



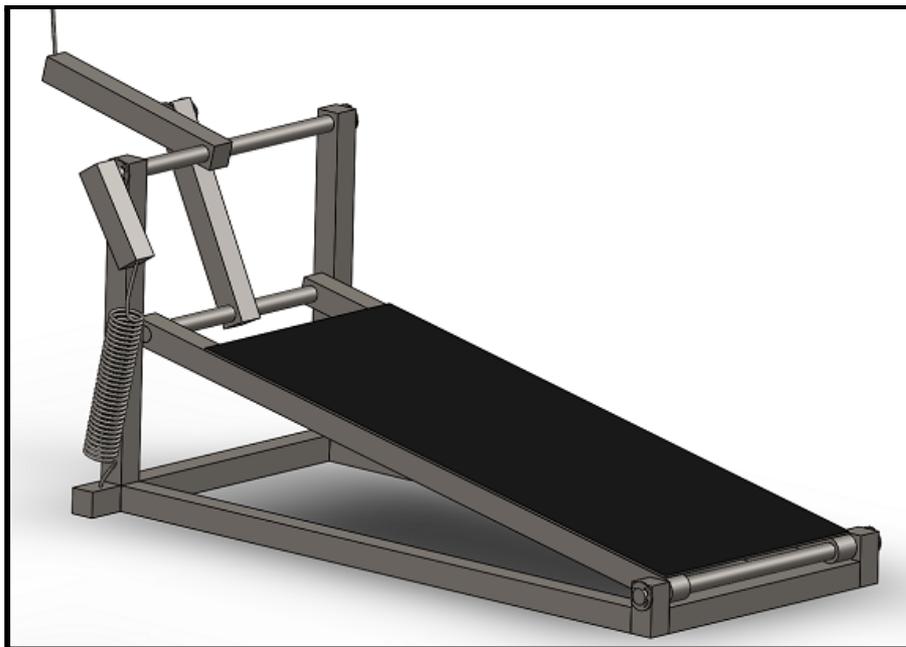
*Figura 166. Detalle del resorte de la carcasa (modelo realizado en "SolidWorks")*

El mecanismo de accionamiento de la protección estará constituido por un cable del tipo "Bowden", el cual es usado para la transmisión mecánica del movimiento por tracción. Cuenta con un cable flexible interior, que transmite el movimiento, rodeado de una funda protectora también flexible, que sirve de punto de apoyo para transmitir el esfuerzo al extremo final del cable. En nuestro caso, el pedal será el medio de accionamiento del cable

que estará unido a la carcasa protectora en el otro extremo. Para conseguir la rotación necesaria en el protector del disco, se utilizará una configuración similar a una polea de 70 [mm] de radio, construida con plástico reciclado, con una extensión de 140°. La misma será sujeta al protector mediante dos tornillos de cabeza avellanada con el fin de ocupar un mínimo espacio.

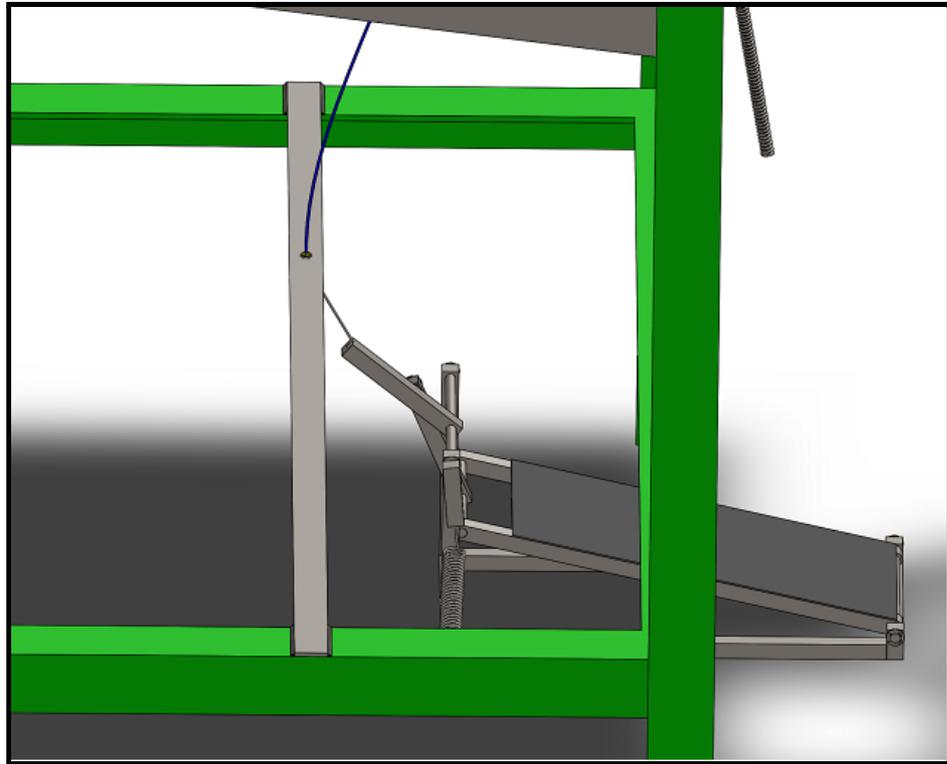
El pedal (Figura 167) estará construido con chapa LAC de 3,2 [mm] de espesor, la cual tendrá adherida una lámina de material antideslizante. La estructura y mecanismo del pedal serán fabricados con barra cuadrada herrera de 12,7 [mm] ( $\frac{1}{2}$  de pulgada). Además, se utilizará varilla de acero inoxidable de 8 [mm] de diámetro, como eje en las distintas articulaciones del mecanismo.

Para lograr el retorno del pedal, cuando éste se deja de presionar de forma parcial o completa, se utilizará un resorte de tracción, que será estirado a medida que se acciona el pedal. El resorte seleccionado cuenta con un diámetro exterior de 16 [mm] y un diámetro de hilo de 1,5 [mm]. El material del mismo es acero fosfatado, posee una longitud total sin carga de 85 [mm] y una longitud de elongación máxima de 190 [mm], aproximadamente.



*Figura 167. Pedal (modelo realizado en "SolidWorks")*

Los soportes de la funda del cable estarán contruidos en chapa LAC de 3,2 [mm]. El soporte inferior contará con una longitud de 980 [mm] y el superior será plegado en forma de L de 100x135 [mm]. Cabe mencionar que el soporte del resorte que retrae el protector, estará conformado mediante el mismo tipo de planchuelas, también será plegado a 90° con dimensiones de 100x120 [mm].



*Figura 168. Soporte inferior de cable Bowden (modelo realizado en "SolidWorks")*

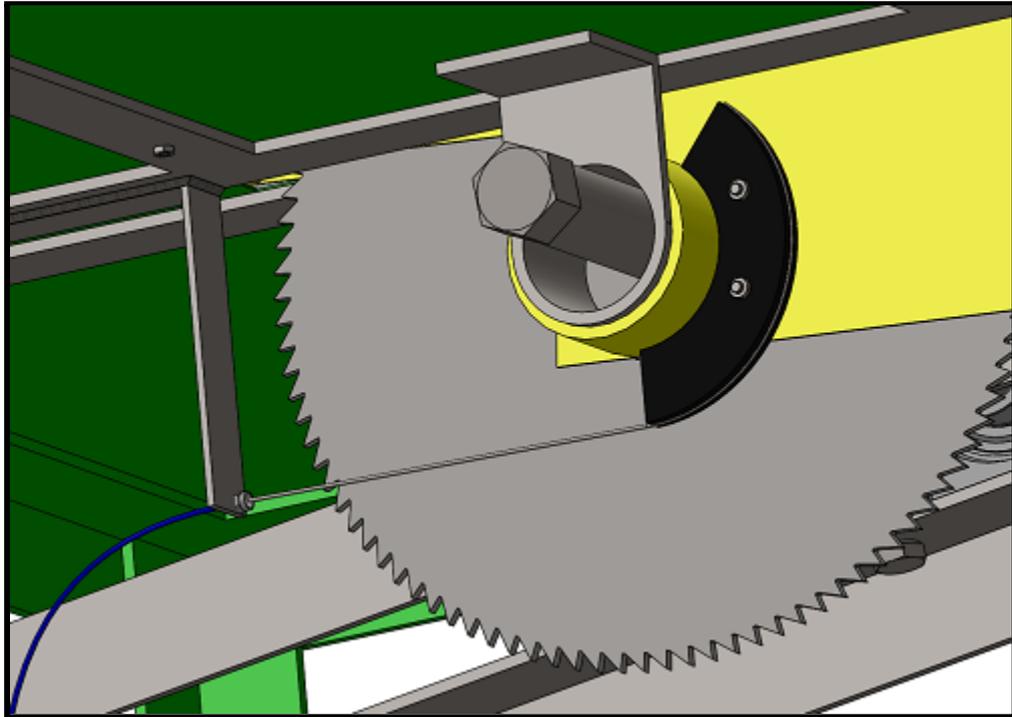


Figura 169. Soporte superior de cable Bowden (modelo realizado en "SolidWorks")

**Sistema de rieles:**

Se utilizarán rieles de aluminio del tipo canaleta en "T", con correderas internas de aluminio (Figura 170). Este tipo de rieles son utilizados como guías escuadra en sierras de banco.

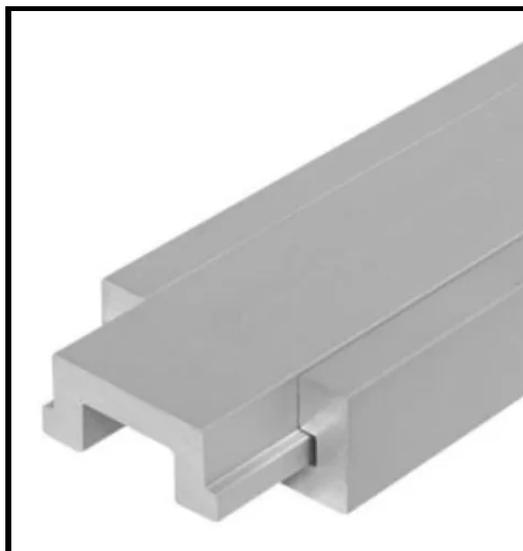
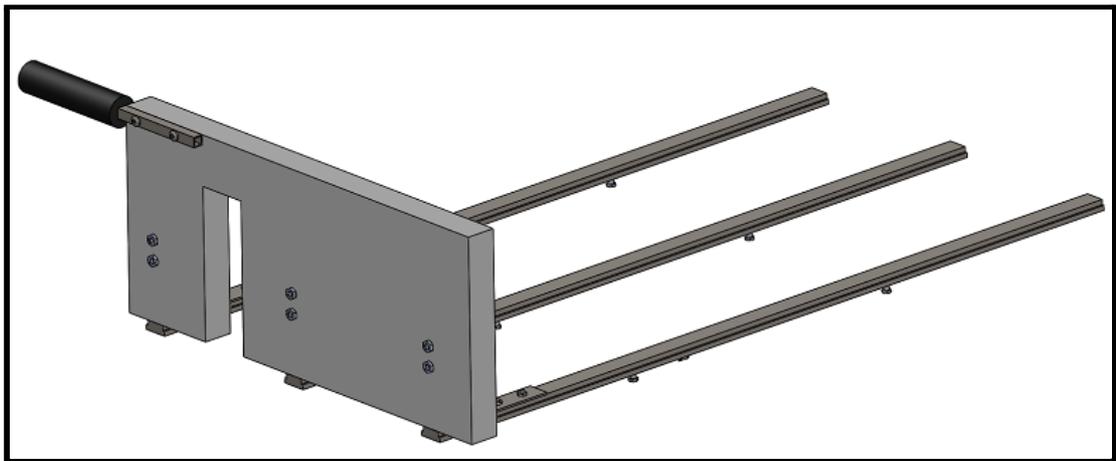


Figura 170. Riel y corredera tipo "T"

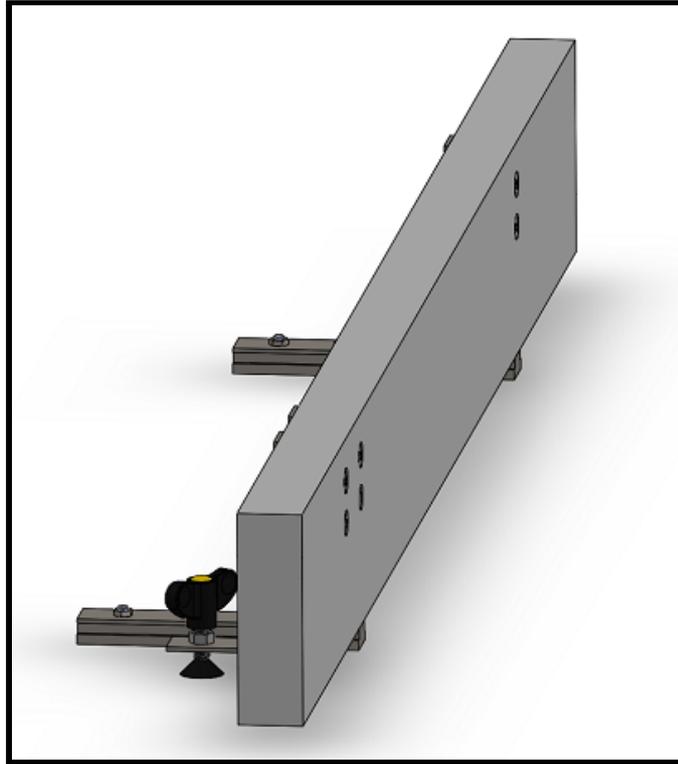
El carro empujador estará construido en plástico, con la posibilidad de ser fabricado en Quanta. El mismo será una placa de 450x200 [mm], con un espesor de 30 [mm], la cual estará ubicada perpendicularmente a la mesa y al disco de corte, sujeta a las guías de los rieles por medio de tornillos con la utilización de soportes ángulo de 100 [mm]. La placa empujadora tendrá un corte de sección rectangular de 50x150 [mm], en la proyección de la carcasa protectora. Esto le permitirá poder desplazarse por toda la mesa, sin interferir con el disco de corte.



*Figura 171. Carro empujador (modelo realizado en "SolidWorks")*

La ubicación y diseño del carro empujador se deben principalmente a las dimensiones de los distintos materiales a cortar y a la comodidad del operario para manipular correctamente el sistema. La placa plástica contará con un puño cilíndrico de goma, montado sobre una varilla metálica, por medio del cual el operario podrá sujetar y desplazar el carro.

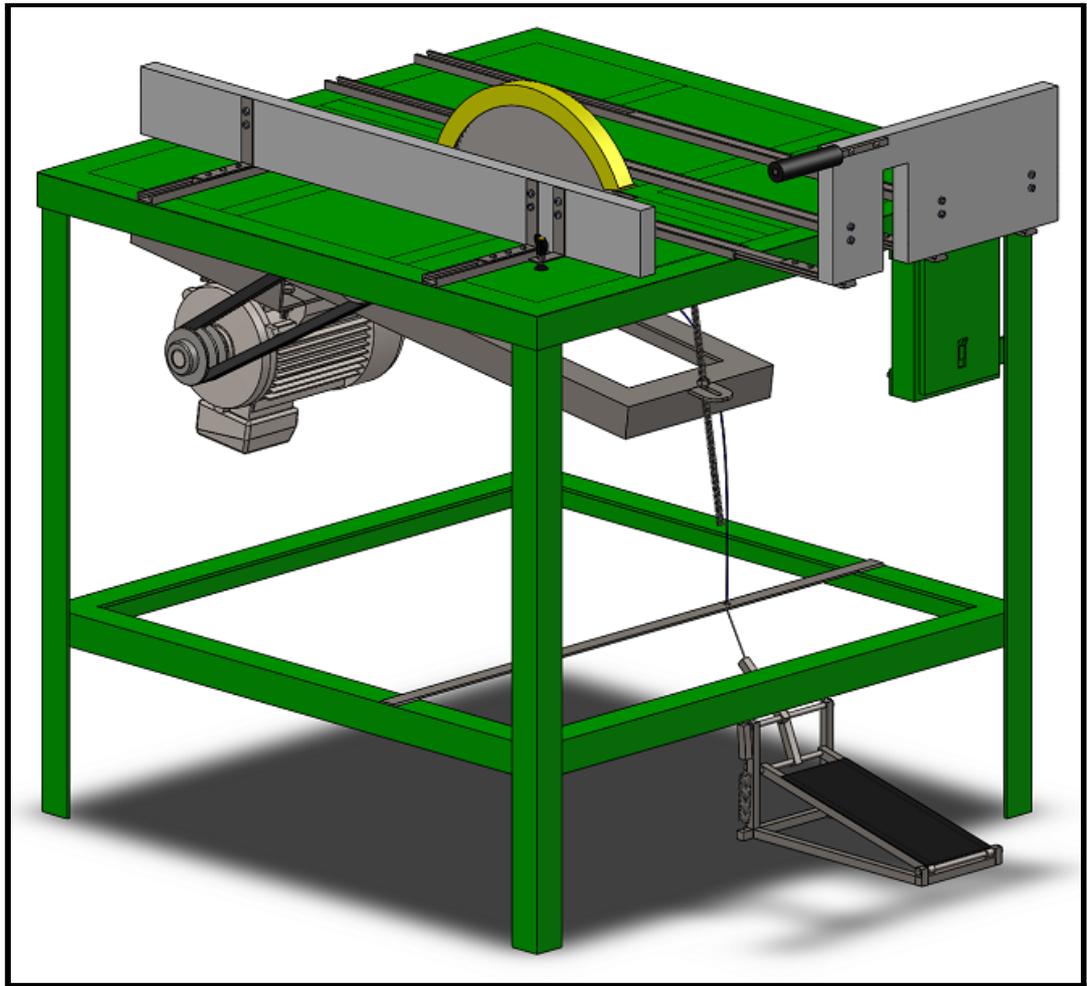
En cuanto a la guía escuadra (Figura 172), ubicada paralela al disco de corte, será fabricada también en plástico, con una dimensión de 1000x100 [mm] y un espesor de 30 [mm]. Estará sujeta de igual manera a los rieles, en este caso dispuestos perpendicularmente al disco y contará con un tornillo de ajuste para poder fijar la escuadra en la posición deseada.



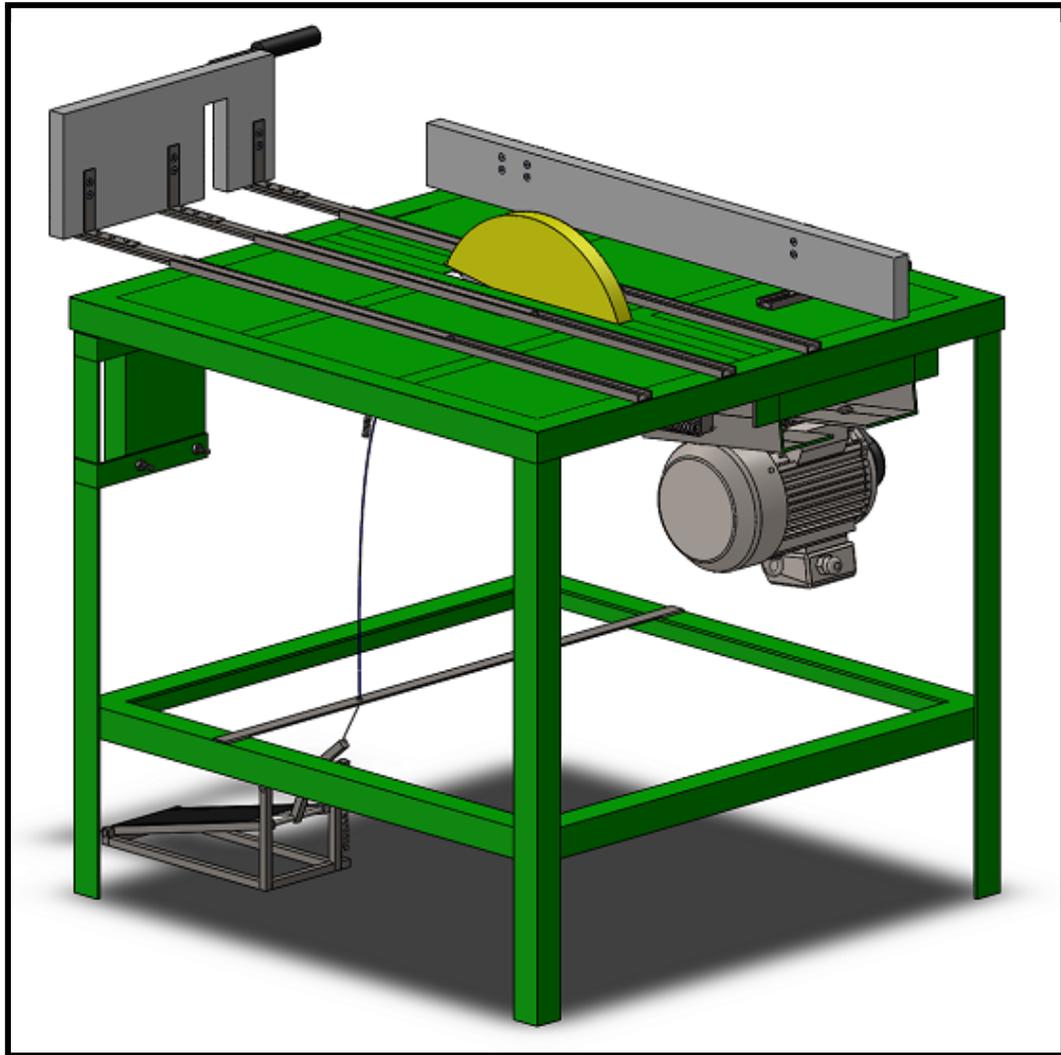
*Figura 172. Guía escuadra (modelo realizado en "SolidWorks")*

**Modelo final del conjunto:**

A continuación se exponen algunas imágenes de la sierra circular de banco, en las que se pueden visualizar el conjunto de modificaciones realizadas en la misma.



*Figura 173. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")*



*Figura 174. Vista en perspectiva (modelo realizado en "SolidWorks")*

Por último, se expone una secuencia de imágenes con el fin de ilustrar el funcionamiento del mecanismo de apertura del protector del disco de corte.

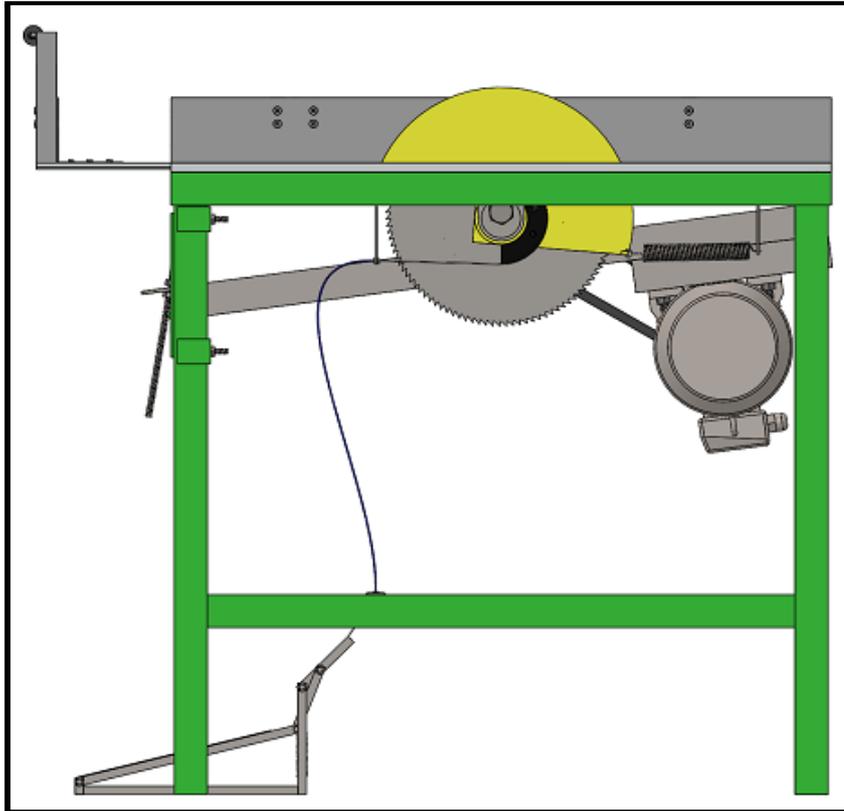


Figura 175. Vista lateral, protector cerrado (modelo realizado en "SolidWorks")

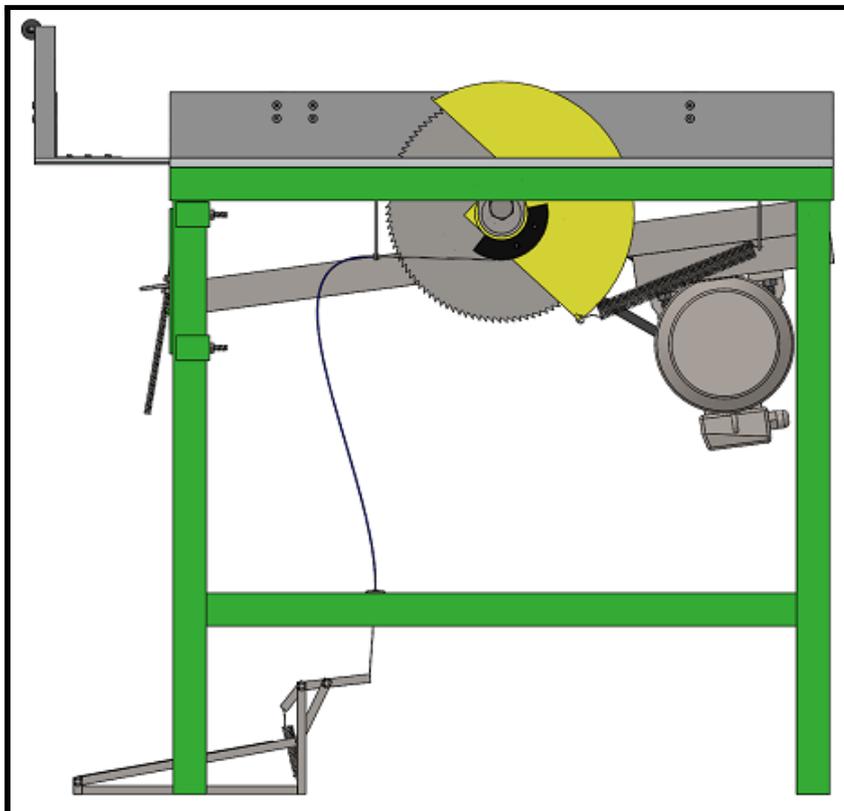


Figura 176. Vista lateral, protector semiabierto (modelo realizado en "SolidWorks")

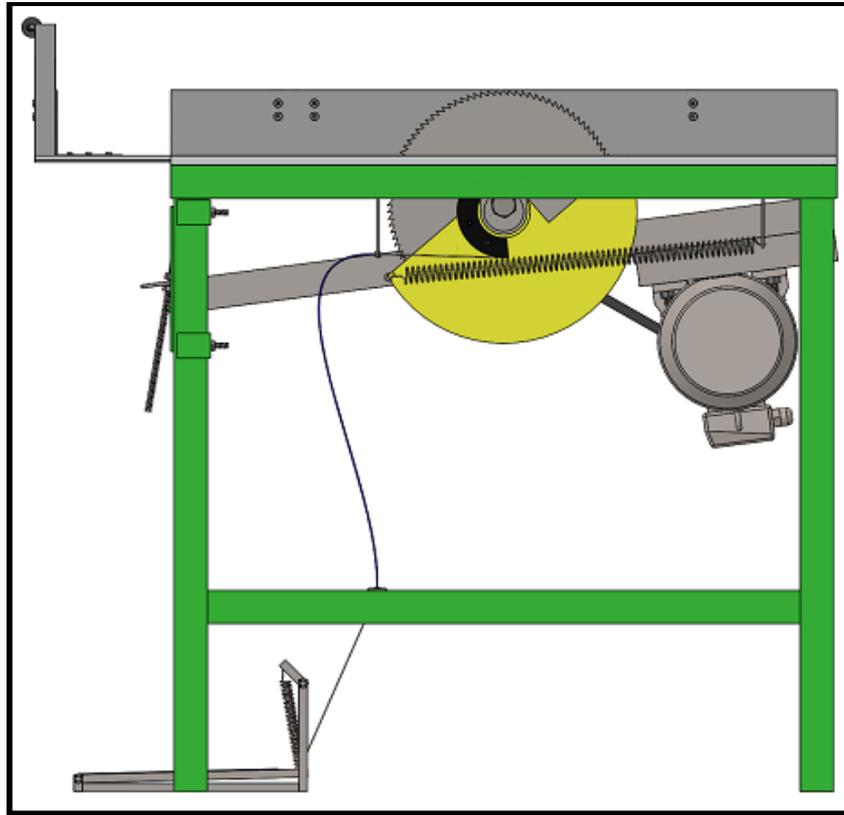


Figura 177. Vista lateral, protector abierto (modelo realizado en “SolidWorks”)

En las figuras anteriores podemos observar que a medida que el pedal es presionado se tracciona el cable Bowden, generando la apertura del protector del disco de corte y la consecuente extensión de los resortes.

## 2.4.2 Modificaciones del molino a martillos

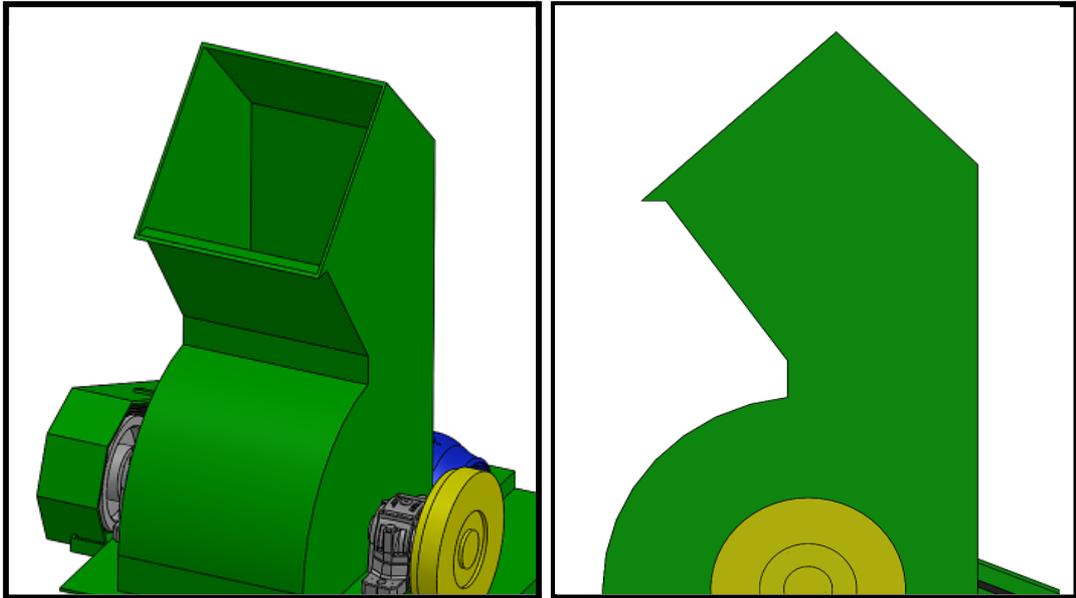
Como ya se ha mencionado anteriormente, el molino a martillos es alimentado, actualmente en la empresa, de forma manual y en altura. Además, la salida del mismo no tiene comunicación con ningún otro equipo, por lo que el material procesado cae directamente al suelo. En el nuevo proceso productivo diseñado, el manejo de material en la entrada y en la salida del molino es muy distinto al actual, por lo que es necesario llevar a cabo ciertas modificaciones estructurales.

En primer lugar, se analiza la boca de entrada del molino a martillos (Figura 178). Siendo que la alimentación, de materia prima, será realizada por medio de una cinta transportadora con palas de arrastre, es fundamental considerar los despejes necesarios para el correcto funcionamiento del transportador. Además, es importante asegurar que el material transportado ingrese sin inconvenientes por la apertura de entrada, evitando la caída del mismo por fuera del molino.



*Figura 178. Vista en perspectiva y lateral de la boca de entrada del molino*

Para cumplir con las consideraciones planteadas en el párrafo anterior, se decide llevar a cabo un corte de forma oblicua, en la zona superior de la boca de alimentación (Figura 178). La solución planteada tiene la ventaja de no significar un costo económico considerable y de lograr adaptarse correctamente a los requisitos definidos. Además, este tipo de diseño es ampliamente utilizado en molinos similares, alimentados por cintas transportadoras, dentro de la industria del reciclado de plástico.



*Figura 179. Vistas del corte en la boca (modelo realizado en "SolidWorks")*

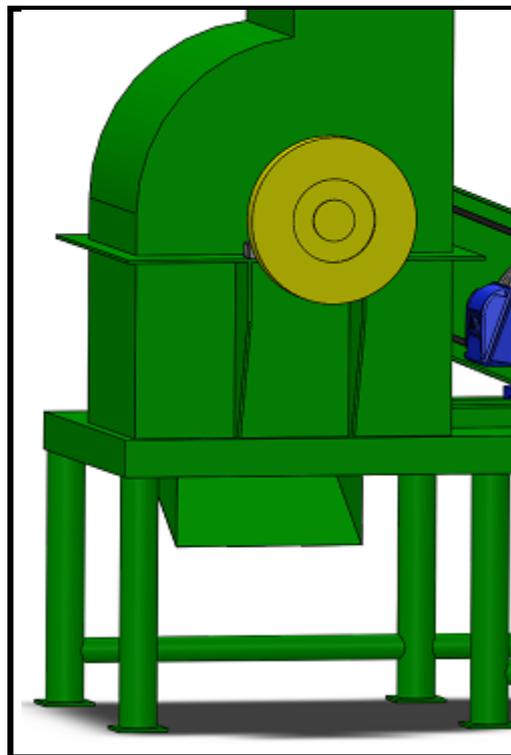
En segundo lugar, se analiza la rampa de salida del molino a martillos (Figura 180). Debido a que se ubicará la banda modular, para darle continuidad al proceso de molienda, es necesario conducir correctamente el material procesado por el molino hacia el extremo inicial del transportador.



*Figura 180. Rampa de salida del molino a martillos*

Para diseñar una rampa óptima, se debe considerar la ubicación más favorable de la banda modular con respecto al molino a martillos, teniendo en cuenta las distintas medidas intervinientes y es indispensable que la rampa cuente con un ángulo de inclinación suficiente, para asegurar el correcto deslizamiento del material molido hacia el transportador.

Debido a la nueva disposición de las máquinas, es necesario rotar la rampa de salida hacia el lateral opuesto del molino a martillos. Por lo tanto, se deberá extraer la rampa actual y modificar sus dimensiones, para obtener la salida deseada, y luego ubicarla de la forma mencionada (Figura 181). En el Anexo A-17 se presenta el plano con las cotas relevantes para poder realizar los cambios necesarios.



*Figura 181. Rampa de salida diseñada (modelo realizado en "SolidWorks")*

### **2.4.3 Modificaciones del transportador de tornillo sin fin**

El transportador de tornillo sin fin continuará cumpliendo la función que actualmente realiza en el sector de molienda, con respecto a la nueva

disposición diseñada. La diferencia que se presenta radica en el cambio del equipo de lavado del material molido, alimentado por el transportador en cuestión.

Debido a la utilización de otro tanque de lavado, con dimensiones distintas al anterior, es necesario modificar estructuralmente el transportador de tornillo sin fin, con el objetivo de adaptar correctamente la boca de salida a la altura requerida.

El tanque cilíndrico usado actualmente en la empresa tiene una altura de 1,65 [m], a diferencia del nuevo tanque a utilizar que cuenta con una altura de 0,97 [m]. Por lo tanto, es necesario modificar la cota vertical de salida del transportador, que es de 1,70 [m], para disminuir la diferencia de dimensiones existente, con el fin de asegurar el total ingreso del material molido dentro del tanque de lavado.

Se decide modificar las patas del transportador de tornillo sin fin para variar el ángulo de inclinación a  $35^\circ$ , siendo el ángulo actual aproximadamente  $45^\circ$ . De esta manera se obtiene una altura de elevación de 1,35 [m], considerada óptima debido a la disminución de la cota con respecto al tanque de lavado y el reducido aumento en la longitud horizontal del transportador, lo que es importante considerar debido al limitante de espacio en el sector de molienda.



*Figura 182. Modificación al transportador (modelo realizado en "SolidWorks")*

## 3 Layout

El concepto layout hace referencia a la disposición o distribución que tomarán los equipos o máquinas que intervienen en un proceso, en el espacio destinado al desarrollo de una actividad determinada. Es un esquema que resume y señala la distribución y forma de los elementos dentro de un área o sector.

Una vez definido concretamente cada equipo interviniente en el proceso y sus respectivas correlaciones, es posible determinar la disposición más conveniente de toda la línea de producción dentro del sector de molienda.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 3.1 Análisis del sector
- 3.2 Disposición definida

### 3.1 Análisis del sector

Primeramente se debe analizar el área actual del sector de molienda con sus correspondientes características. A continuación se exponen imágenes del mismo (modelo realizado en “SolidWorks”), para un posterior análisis.

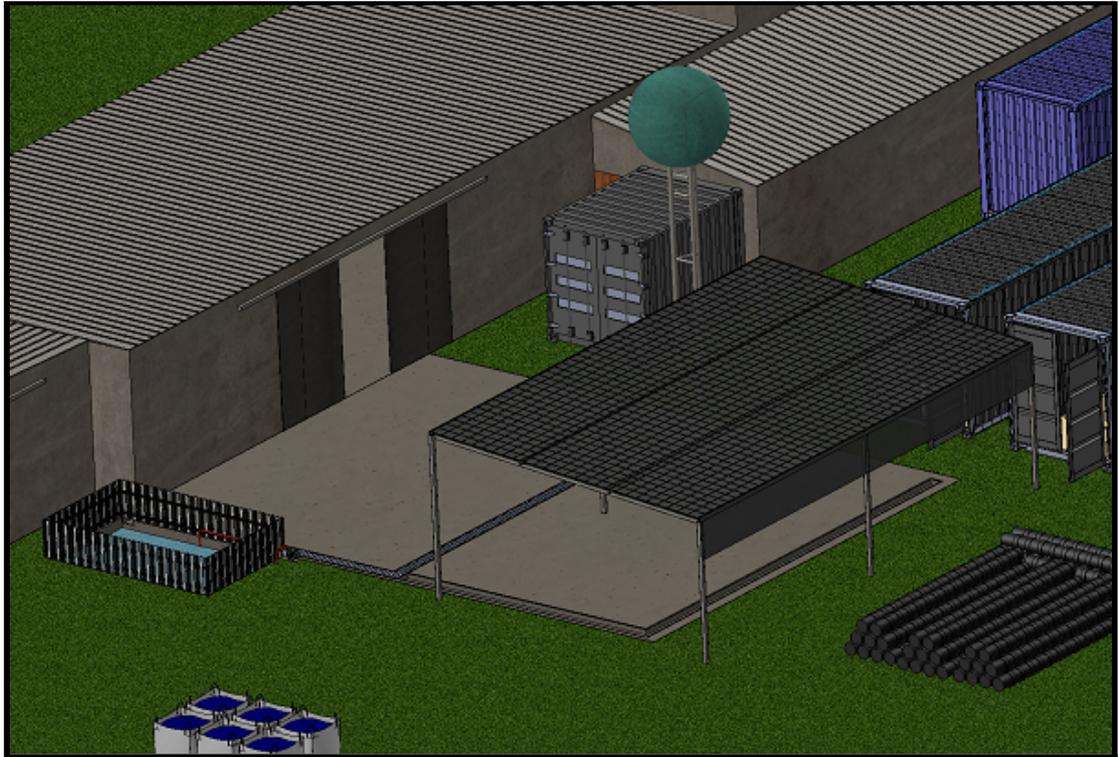


Figura 183. Vista en perspectiva del sector (modelo realizado en "SolidWorks")



Figura 184. Vista superior del sector (modelo realizado en "SolidWorks")

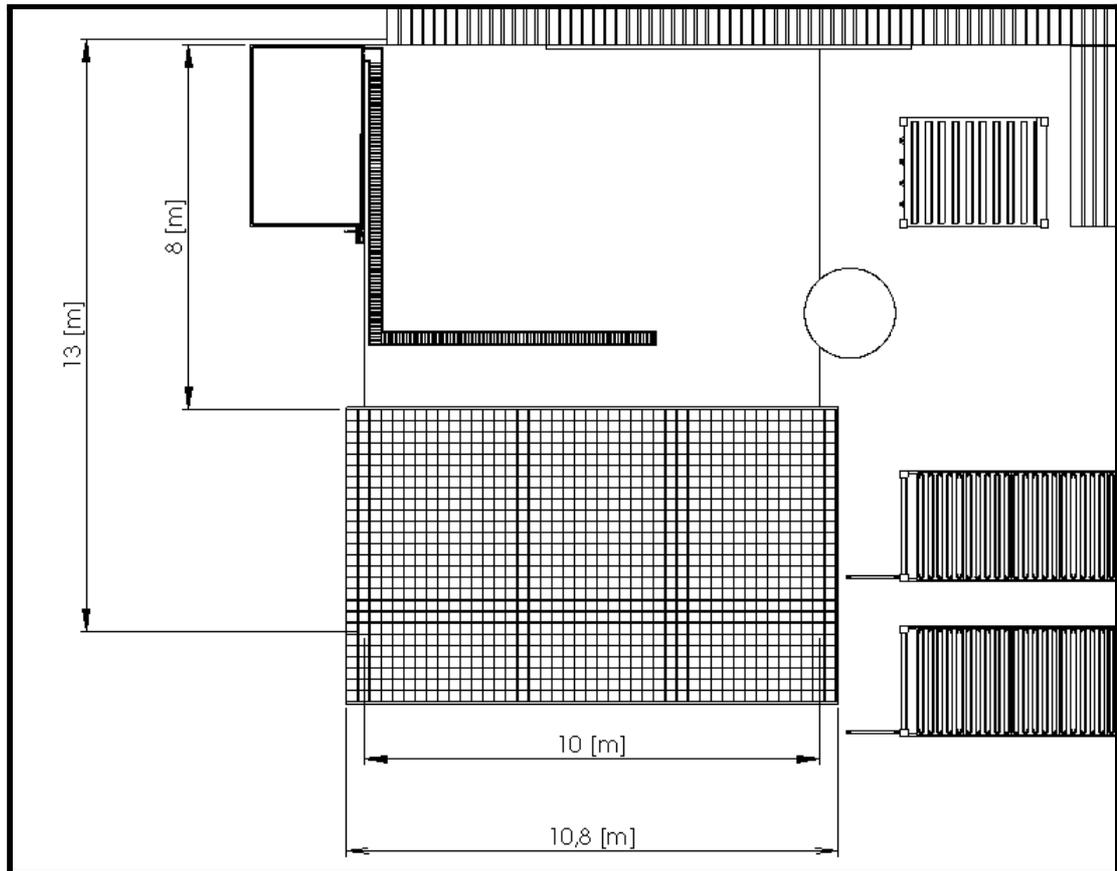


Figura 185. Croquis del sector con cotas (modelo realizado en "SolidWorks")

Como se ha mencionado anteriormente, el sector de molienda está ubicado en el exterior del edificio principal de la empresa. Cuenta con una superficie pavimentada de 13 [m] de largo por 10 [m] de ancho. Como se puede ver en las imágenes, el extremo final del sector se encuentra cubierto por media sombra, debido a que en la actualidad las máquinas utilizadas se encuentran en dicho lugar. La superficie restante se encuentra descubierta y tiene una extensión de 8 [m] de largo por 10 [m] de ancho.

Luego de un análisis profundo, se determina reubicar la línea de producción dentro de la actual superficie descubierta, ya que la zona actualmente aprovechada del sector de molienda presenta ciertos inconvenientes con respecto a los objetivos pretendidos. A continuación se especifican los mismos:

- A causa de la incorporación de nuevos equipos a la línea de producción, resulta dificultoso lograr una disposición que se adapte correctamente dentro de la zona cubierta. Esto se debe a la diferencia entre los espacios disponibles y las dimensiones de la nueva maquinaria. Ubicar la línea de producción en esta zona tendría como consecuencia diversos problemas de circulación y trabajo para el personal.
- La cobertura realizada con media sombra brinda una mayor comodidad al operario, sobre todo en jornadas laborales con elevada exposición solar, en días cálidos. Pero esta cobertura no permite trabajar en días de lluvia, además, no protege correctamente los equipos del proceso en condiciones climáticas adversas (precipitaciones, granizo, heladas, etc.).
- Por la situación mencionada en el ítem anterior, es evidente que se dificulta en gran medida la instalación eléctrica en el sector, significando además un costo económico más elevado, debido a la necesidad de utilizar elementos que cuenten con la aislación correspondiente para uso exterior.
- Luego de consultar con un profesional, se determinó que la estructura actual destinada al soporte de la media sombra no es apta para ser cubierta con techo, utilizando chapa acanalada. Además, realizar los refuerzos necesarios para obtener la resistencia estructural correcta resulta poco conveniente tanto técnica como económicamente.

Después de llevar a cabo un análisis técnico, se considera que es fundamental realizar un cerramiento con techo sobre una estructura adecuada. La misma será colindante al muro del edificio, abarcando todo el sector actualmente descubierto.

La construcción de un espacio techado y la reubicación de la línea de producción en la zona mencionada presenta las siguientes ventajas:

- El espacio disponible es mayor y permite una disposición adecuada de los distintos equipos. Se puede establecer un flujo conveniente para la alimentación de la línea de producción, teniendo en cuenta la ubicación de la zona utilizada como depósito de materia prima.
- Es posible aprovechar debidamente el sistema de canales construidos en el piso del sector, que tienen comunicación con la pileta de tratamiento.
- Se mejoran las condiciones de trabajo ya que el personal circula y opera bajo la cobertura del techo. De esta manera se evita que las condiciones climáticas afecten de forma directa al operario y a los equipos intervinientes en el proceso.
- Considerando aspectos inherentes a la instalación eléctrica, se presentan grandes ventajas en cuanto a la ubicación más conveniente del tablero general de control y comando, se facilita las respectivas conexiones con los motores, se disminuye la inversión requerida en cuanto a longitudes de conductores y niveles de aislación requeridos.
- Es posible aprovechar de forma más eficiente toda la zona pavimentada, asignando como depósito de materia procesada al sector cubierto por media sombra. De este modo existirá un lugar establecido, con una determinada protección, adecuado para almacenar gran cantidad de material final.

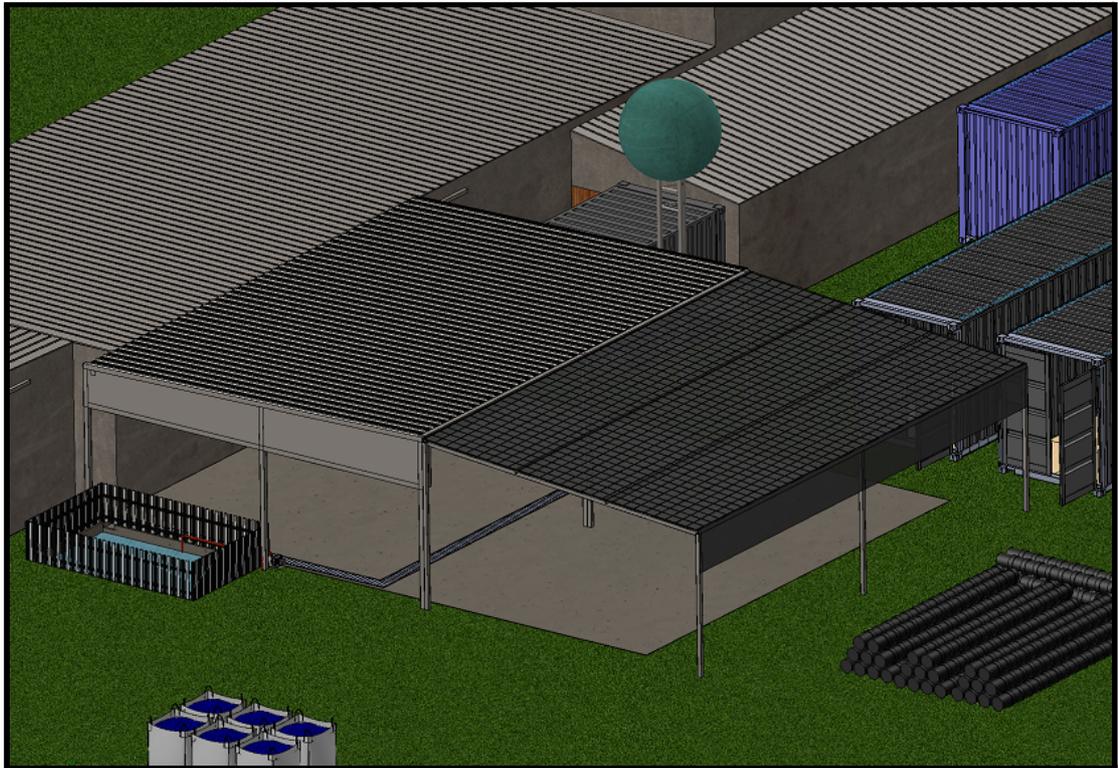


Figura 186. Sector con el nuevo cerramiento (modelo realizado en "SolidWorks")

### 3.2 Disposición definida

Luego de haber llevado a cabo el análisis anterior, se procede a definir concretamente la disposición final de los equipos dentro del sector de molienda. Para llevar a cabo dicha disposición se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicación del depósito de materia prima.
- Ubicación del depósito de material procesado.
- Correlación entre los equipos.
- Circulación del personal.
- Distribución ergonómica de la maquinaria.
- Distribución de la instalación eléctrica.
- Distribución de los canales de desagüe.
- Facilidad de llevar a cabo el mantenimiento en los equipos.

Luego de analizar diversas distribuciones de los equipos intervinientes en el proceso, dentro del sector en cuestión, y considerando los factores anteriormente mencionados, se llegó a la distribución mostrada en las siguientes imágenes.



Figura 187. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "SolidWorks")

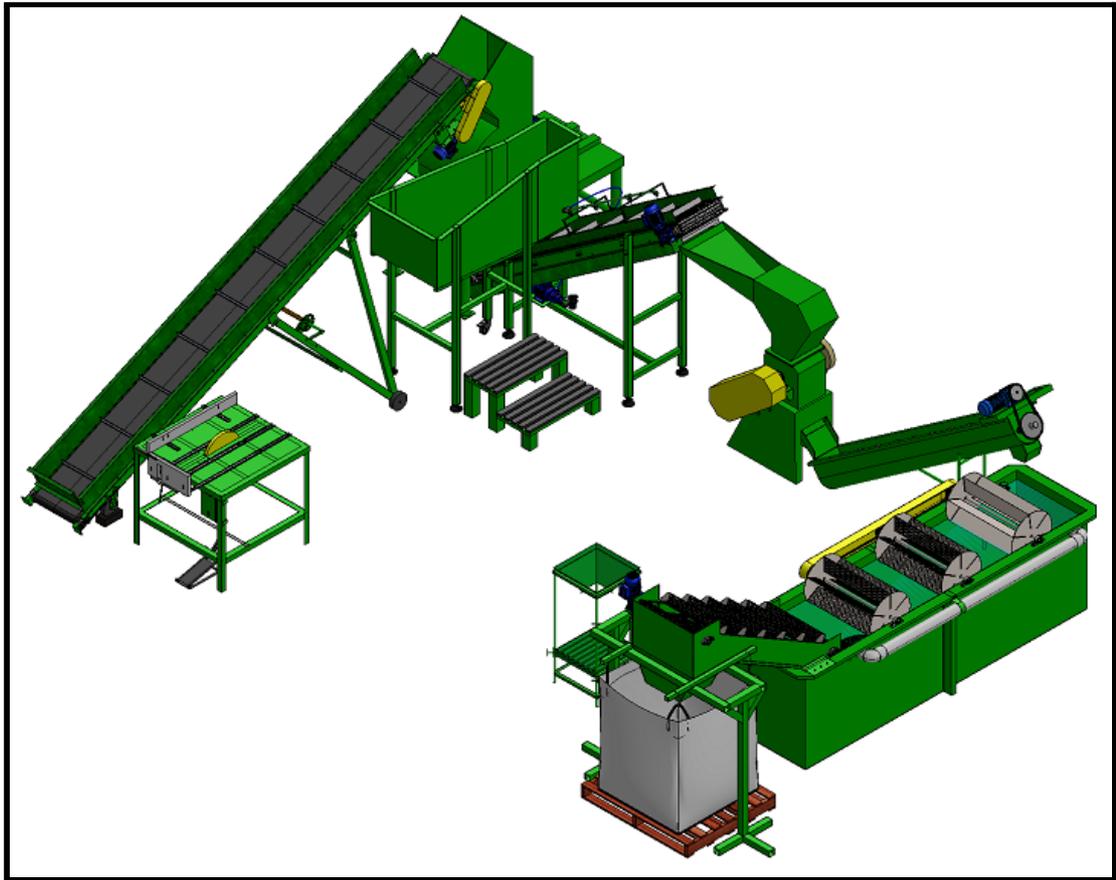


Figura 188. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "SolidWorks")

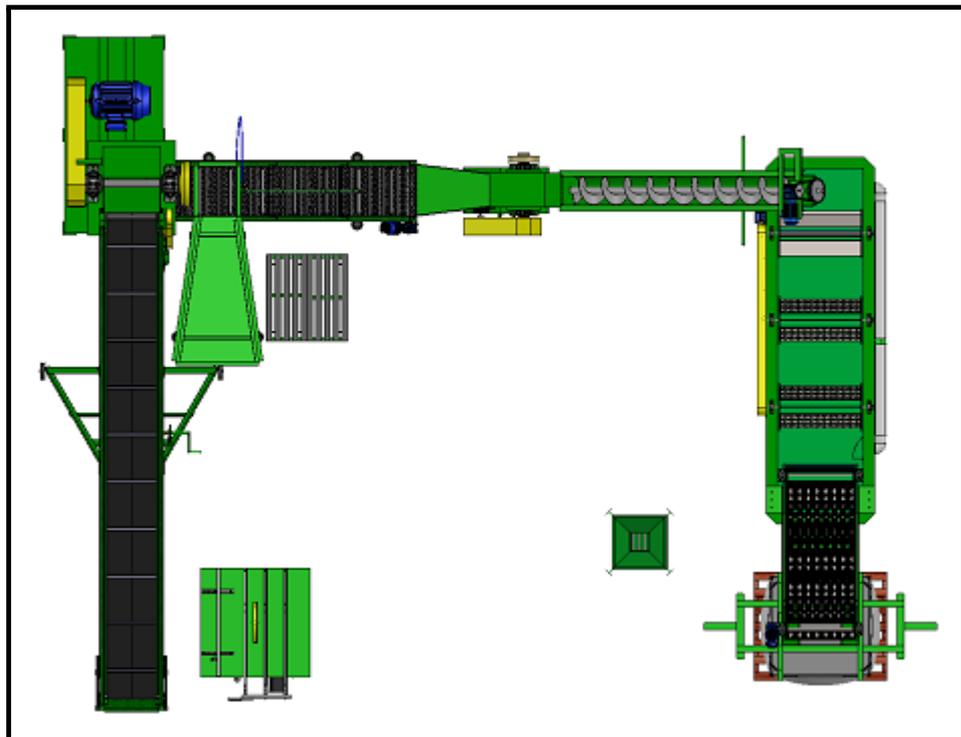


Figura 189. Vista superior (modelo realizado en "SolidWorks")

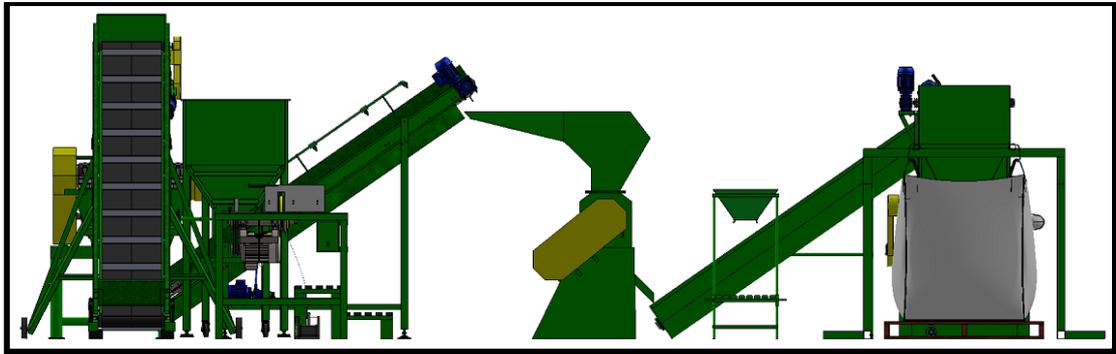


Figura 190. Vista frontal (modelo realizado en "SolidWorks")

A continuación se exponen imágenes en las que se puede observar la disposición de la línea de producción con respecto al sector de molienda. Cabe destacar que el nuevo sector techado se encuentra "oculto" para permitir una correcta visualización de los equipos y su ubicación.



Figura 191. Vista en perspectiva frontal (modelo realizado en "SolidWorks")



Figura 192. Vista en perspectiva posterior (modelo realizado en "SolidWorks")



Figura 193. Vista superior (modelo realizado en "SolidWorks")

Finalmente, se muestran imágenes del sector donde se puede ver la instalación proyectada de forma completa, incluyendo el nuevo cerramiento.



Figura 194. Vista en perspectiva del sector (modelo realizado en "SolidWorks")



Figura 195. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")



Figura 196. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")

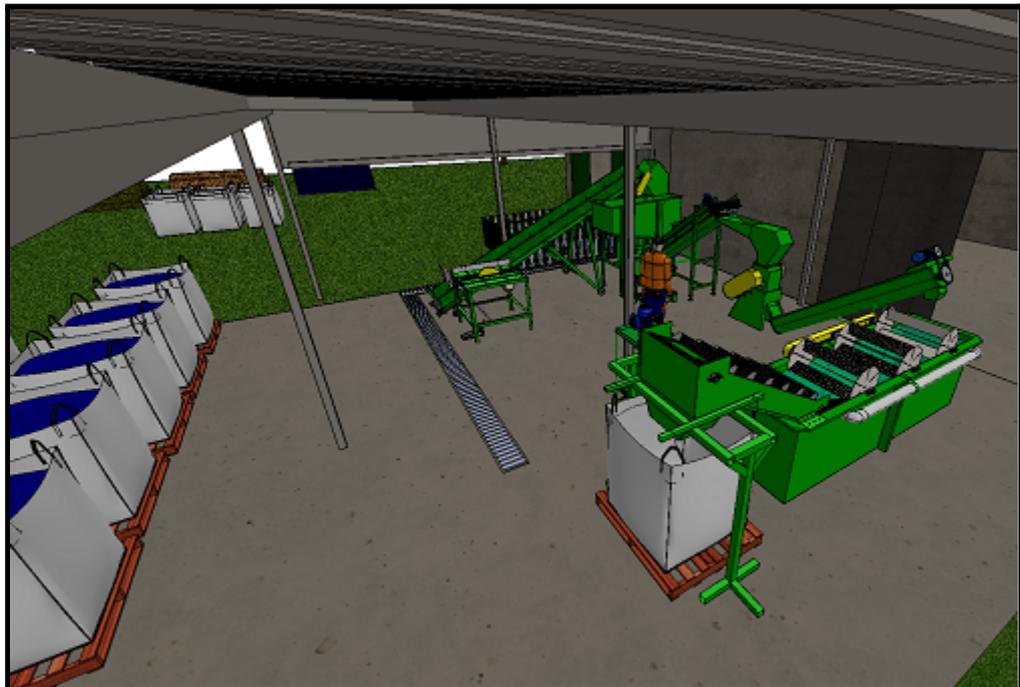


Figura 197. Vista interna del sector (modelo realizado en "SolidWorks")

## 4 Instalación eléctrica

Como ya se mencionó en el anteproyecto, uno de los objetivos específicos del presente proyecto es normalizar la instalación eléctrica del sector de molienda. Esta normalización tiene como fin el diseño y cálculo de una instalación que cumpla con los requerimientos de las reglamentaciones vigentes, contemplando la incorporación de nuevos equipos a la línea de producción, además de la redefinición del layout. En el presente capítulo se llevarán a cabo los cálculos y diseños correspondientes.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 4.1 Cálculo y diseño de la iluminación
- 4.2 Cálculo y diseño de los conductores
- 4.3 Cálculo de cortocircuito
- 4.4 Selección de las protecciones y dispositivos de comando
- 4.5 Compensación del factor de potencia
- 4.6 Complementos del tablero general

### 4.1 Cálculo y diseño de la iluminación

En primer lugar es necesario determinar el sistema de iluminación del sector de molienda. Una vez determinados los equipos necesarios y sus consumos, se procederá a diseñar el sistema eléctrico requerido que incluirá, además de la línea de producción y sus equipos, a dichas luminarias.

Este procedimiento de cálculo consiste en determinar la cantidad de equipos necesarios para establecer y cumplir con un nivel de iluminancia

predefinido (según lo determinan las normas IRAM para los distintos tipos de iluminación).

Primeramente se calculará la iluminación para la zona de producción la cual se encuentra techada, y en segundo lugar la zona cubierta por media sombra, destinada a almacenar el material procesado. Es necesario marcar esta diferencia debido a que las exigencias de iluminancia no son las mismas, ya que las tareas llevadas a cabo son distintas.

#### **4.1.1 Cálculo de la iluminación de la zona de producción**

Para la zona de producción se opta por utilizar luminarias del tipo colgantes. Para llevar a cabo el cálculo de la iluminación se utiliza el método de las cavidades zonales. Este procedimiento se basa en la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye. El método considera que el sector está constituido por una cavidad de techo por encima de las luminarias, una cavidad de suelo debajo del plano de trabajo y una cavidad situada entre los dos.

##### **Datos del sector e iluminación:**

- Dimensiones del sector:

El sector cuenta con las siguientes dimensiones: 8 [m] de largo, 10 [m] de ancho y 3 [m] de altura aproximadamente.

- Altura del plano de trabajo:

Para definir la altura del plano de trabajo se considera la cota desde el suelo y la mesa de la sierra circular de banco, que es el equipo que requiere mayor precisión. Dicha cota se establece en 1 [m].

- Altura de suspensión de las luminarias:

En cuanto a la altura de suspensión de las luminarias, se opta por posicionarlas a una cota de 2,5 metros respecto del suelo. De esta manera se logra un espacio considerable entre el techo y el artefacto en cuestión, permitiendo la ubicación de las bandejas portacables a una misma altura. Esto es necesario para evitar la generación de sombras debido al obstáculo que representarían las bandejas portacables, a su vez, se requiere que el posicionamiento de las lámparas tenga una altura considerable, para que no se obstruya el desplazamiento de las máquinas en caso de que se requiera.

- Iluminancia media requerida:

Se debe determinar el valor de la iluminancia media requerida en el sector, según el tipo de actividad que se realiza. Para ésto se hace uso de la norma *IRAM - AADL J 20-06*, donde se encuentran tabulados los valores de iluminancia necesarios según distintos parámetros (área, tarea y actividad).

Debido a que el sector no posee paredes en tres de sus laterales y que las jornadas laborales solo se realizan en turnos diurnos, se considera un nivel de iluminación para tareas generales de 200 [lx].

- Selección del tipo de iluminación:

Se decide utilizar iluminación LED debido a sus múltiples beneficios, por lo que se seleccionan lámparas LED de la marca "*Philips*", modelo "TrueForce Core industrial", de 40 [W]. Las mismas serán ubicadas en luminarias colgantes de campana compatibles, que estarán fijadas en la estructura del techo del sector. El flujo luminoso de cada lámpara es de 4000 [lm].

**Coefficiente de utilización:**

El coeficiente de utilización nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. Dicho valor es un dato facilitado por el fabricante de la lámpara. Para poder obtenerlo es necesario determinar el índice del local de la cavidad intermedia y los coeficientes de reflexión.

- Índice del local:

Este valor depende de las dimensiones y geometría del sector. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{5 * h * (a + b)}{a * b}$$

Donde:  $k$ : Índice del local

$a$ : Ancho del sector

$b$ : Largo del sector

$h$ : Altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Reemplazando los valores:

$$k = \frac{5 * 1,5 [m] * (10 [m] + 8 [m])}{10 [m] * 8 [m]} = 1,69$$

- Coeficientes de reflexión:

Se deben determinar los coeficientes de reflexión del techo, las paredes y el suelo. Los mismos se encuentran tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados.

Los coeficientes de reflexión son 0,6 para el techo y 0,4 para el suelo. Debido a que se cuenta con pared sólo en uno de los laterales del sector, se considera un valor de 0,1.

A continuación se ingresa en la tabla provista por el fabricante (Figura 198). Es necesario mencionar que los valores de reflexión obtenidos no se encuentran tabulados en una misma columna, por lo que se lleva a cabo una aproximación. También se debe aclarar que se utiliza un índice de local de 1,5.

### Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.40	0.38	0.38	0.37	0.36	0.29	0.27	0.22	0.25	0.21	0.18
0.80	0.49	0.46	0.47	0.46	0.45	0.36	0.34	0.29	0.32	0.27	0.23
1.00	0.57	0.53	0.55	0.53	0.51	0.43	0.40	0.35	0.38	0.33	0.29
1.25	0.65	0.60	0.62	0.60	0.58	0.50	0.47	0.41	0.44	0.39	0.34
1.50	0.72	0.65	0.68	0.65	0.63	0.55	0.52	0.46	0.48	0.44	0.38
2.00	0.81	0.73	0.77	0.73	0.70	0.63	0.59	0.54	0.55	0.51	0.45
2.50	0.88	0.78	0.83	0.79	0.75	0.69	0.64	0.60	0.60	0.57	0.50
3.00	0.93	0.81	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.64	0.60	0.54
4.00	0.99	0.86	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.70	0.69	0.66	0.59
5.00	1.04	0.89	0.98	0.92	0.86	0.82	0.77	0.74	0.72	0.69	0.62

Figura 198. Coeficientes de utilización (“Philips”)

### Coeficiente de mantenimiento:

Este coeficiente hace referencia a la influencia de la limpieza de la luminaria. El flujo que emiten las lámparas dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del sector. Suponiendo una limpieza regular, se puede considerar un valor de 0,8.

**Flujo luminoso total necesario:**

Con los datos determinados anteriormente es posible calcular el flujo luminoso total que se necesita en el sector. Para ellos se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\Phi_t = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad (XXII)$$

Donde:  $\Phi_t$  : Flujo luminoso total necesario

$E_m$  : Nivel de iluminación medio

$S$ : Superficie del local

$C_u$  : Coeficiente de utilización

$C_m$  : Coeficiente de mantenimiento

Reemplazando en la ecuación (XXII):

$$\Phi_t = \frac{200 [lx] * (10 * 8) [m^2]}{0,55 * 0,8} = 36363,64 [lm]$$

**Número total de luminarias:**

A continuación procedemos a determinar el número total de luminarias mediante la siguiente expresión:

$$NL = \frac{\Phi_t}{\Phi_l} \quad (XXIII)$$

Donde:  $NL$ : Número de luminarias

$\Phi_l$  : Flujo luminoso de cada lámpara

Reemplazando en la expresión (XXIII), obtenemos el número total de luminarias:

$$NL = \frac{36363,64 [lm]}{4000 [lm]} = 9,09 \rightarrow \mathbf{9 \text{ luminarias}}$$

Por lo tanto se ubicarán 9 luminarias en total en todo el sector, distribuidas de manera uniforme.

#### **4.1.2 Cálculo de la iluminación de la zona de almacenaje**

Para la zona de almacenaje se opta por utilizar luminarias lineales para exterior. En este caso, para llevar a cabo el cálculo de la iluminación, se utiliza el método de los lúmenes, también denominado método del factor de utilización. Esta es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de  $\pm 5\%$  y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.

##### **Datos del sector e iluminación:**

- Dimensiones del sector:

El sector cuenta con las siguientes dimensiones: 6 [m] de largo, 10 [m] de ancho y 3 [m] de altura aproximadamente.

- Altura del plano de trabajo:

Se define la altura de trabajo en 1,5 [m] respecto del suelo, debido a que las tareas a realizar son efectuadas en esta cota.

- Iluminancia media requerida:

La norma *IRAM - AADL J 20-06* recomienda, para sectores utilizados de depósito, un valor de 100 [lx].

- Selección del tipo de iluminación:

Se define utilizar iluminación LED. Se seleccionan tubos LED de la marca "*Philips*", modelo "Ecofit T8", de 16 [W] y 1200 [mm]. Los mismos serán ubicados en plafones estancos compatibles, para la colocación de dos tubos, que estarán fijados en la estructura de soporte de la media sombra del sector.

#### **Coeficiente de utilización:**

A continuación, se determina el coeficiente de utilización con el mismo procedimiento anteriormente utilizado (Sección 4.1.1).

- Índice del local:

Este valor depende de las dimensiones y geometría del sector. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Donde: *k*: Índice del local

*a*: Ancho del sector

*b*: Largo del sector

*h*: Altura del plano de trabajo

Reemplazando los valores:

$$k = \frac{10 [m] * 6 [m]}{1,5 [m] * (10 [m] + 6 [m])} = 2,5$$

Seguidamente se ingresa en la tabla provista por el fabricante (Figura N). Es necesario mencionar que los valores de reflexión no se encuentran tabulados, por lo que se lleva a cabo una aproximación.

### Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.40	0.38	0.38	0.37	0.36	0.29	0.27	0.22	0.25	0.21	0.17
0.80	0.50	0.47	0.47	0.46	0.44	0.37	0.34	0.29	0.31	0.27	0.22
1.00	0.58	0.53	0.54	0.53	0.51	0.43	0.40	0.35	0.36	0.32	0.27
1.25	0.65	0.60	0.62	0.59	0.57	0.50	0.46	0.41	0.42	0.38	0.31
1.50	0.72	0.65	0.67	0.65	0.62	0.55	0.50	0.45	0.46	0.42	0.35
2.00	0.81	0.72	0.76	0.72	0.69	0.63	0.57	0.53	0.52	0.49	0.41
2.50	0.87	0.77	0.82	0.78	0.74	0.68	0.62	0.58	0.57	0.54	0.46
3.00	0.92	0.81	0.86	0.81	0.77	0.72	0.66	0.62	0.60	0.57	0.49
4.00	0.98	0.85	0.92	0.86	0.81	0.77	0.71	0.67	0.65	0.62	0.53
5.00	1.02	0.88	0.96	0.90	0.84	0.80	0.74	0.71	0.68	0.65	0.56

Figura 199. Coeficientes de utilización (“Philips”)

### Coeficiente de mantenimiento:

Al igual que en el sector anterior, se considera un valor de 0,8.

### Flujo luminoso total necesario:

Reemplazando en la ecuación XXII (Sección 4.1.1):

$$\Phi_t = \frac{100 [lx] * (10 * 6) [m^2]}{0,54 * 0,8} = 13888,89 [lm]$$

**Número total de luminarias:**

Reemplazando en la expresión XXIII (Sección 4.1.1), obtenemos el número total de lámparas:

$$NL = \frac{13888,89 [lm]}{1600 [lm]} = 8,68 \rightarrow \mathbf{8 \text{ lámparas}}$$

Por lo tanto se ubicarán 4 luminarias en total en todo el sector, distribuidas de manera uniforme, con dos lámparas cada una, significando un total de 8 tubos LED.

**4.2 Cálculo y diseño de conductores**

Para llevar a cabo el cálculo de los conductores se tienen en cuenta dos criterios: la caída de tensión y el calentamiento.

Para el cálculo de la caída de tensión trifásica se utilizará la siguiente expresión:

$$\delta = \sqrt{3} * \frac{\rho}{S} * L * I * \cos \varphi \quad (\text{XXIV})$$

Donde:  $\delta$ : Caída de tensión del conductor

$\rho$ : Resistencia específica

$S$ : Sección

$L$ : Longitud

$I$ : Intensidad de corriente

$\cos (\varphi)$ : Factor de potencia

En el caso de que la caída de tensión sea calculada en una línea monofásica, la expresión (XXIV) presenta la siguiente variación:

$$\delta = 2 * \frac{\delta}{S} * L * I * \cos \varphi \quad (\text{XXV})$$

Para el caso de aplicar el criterio de calentamiento se debe consultar las características eléctricas brindadas por el fabricante del conductor utilizado, definiendo la disposición del mismo y obteniendo la corriente admisible que podrá soportar.

Dependiendo de las magnitudes predominantes (longitud o intensidad de corriente) se debe aplicar uno de los criterios como el preliminar y el restante a modo de verificación. En nuestro caso, en todos los tramos de conductores predomina la intensidad de corriente por sobre la longitud, por lo que el criterio preliminar de cálculo será el método de calentamiento y se utilizará el método de caída de tensión para comprobar el conductor calculado.

Para la selección de los conductores se utiliza el catálogo que ofrece el fabricante "IMSA". Se optará en todos los casos por cable subterráneo de cobre del tipo "Payton PVC 1,1 [kV]".

Es necesario tener en cuenta, para los subsiguientes cálculos, que la resistencia específica del cobre a 20 [°C] es 1/57 [ $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ].

A continuación se presenta el plano del sector, con referencias de cada una de las máquinas y su disposición, considerando la ubicación del tablero general en el sector (Figura 200).

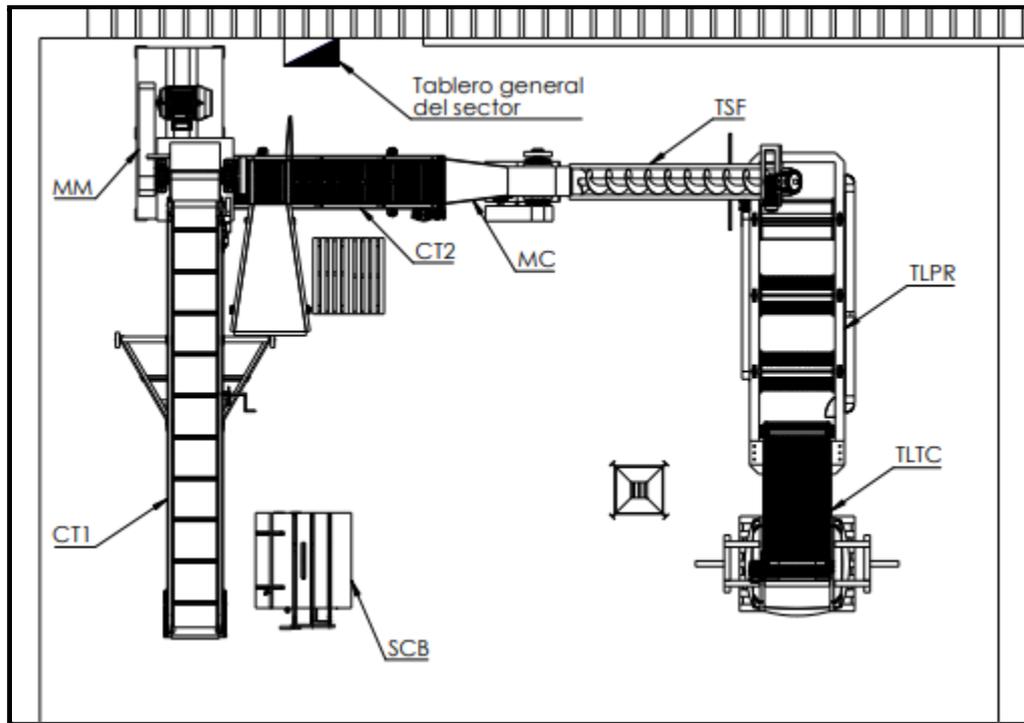


Figura 200. Plano del sector con referencia de máquinas y tablero general

Posteriormente se expone una tabla con los valores eléctricos más relevantes de cada equipo:

Tabla 21. Datos eléctricos de los equipos del sector de molienda

Ref.	Equipo		Tensión	Corriente	Potencia	cos $\phi$
SCB	Sierra circular de banco		380 [V]	6,4 [A]	3 [kW]	0,85
CT1	Cinta transportadora I		380 [V]	0,6 [A]	0,18 [kW]	0,70
MM	Molino a martillos		380 [V]	44 [A]	22,37 [kW]	0,84
CT2M	Cinta transportadora II	Motor	380 [V]	0,6 [A]	0,18 [kW]	0,70
CT2B		Bomba	220 [V]	2,2 [A]	0,37 [kW]	0,85
MC	Molino a cuchillas		380 [V]	18,5 [A]	9,32 [kW]	0,82
TSF	Transportador de tornillo sin fin		380 [V]	2,1 [A]	0,75 [kW]	0,74
TLPR	Tanque de lavado	Palas rotativas	380 [V]	0,6 [A]	0,18 [kW]	0,70
TLTC		Transportador a cangilones	380 [V]	0,6 [A]	0,18 [kW]	0,70

BPT	Bomba (pileta de tratamiento)	220 [V]	2,4 [A]	0,37 [kW]	0,80
IZP	Iluminación LED (zona de producción)	220 [V]	5,7 [A]	0,36 [kW]	0,50
IZA	Iluminación LED (zona de almacenaje)	220 [V]	1 [A]	0,13 [kW]	0,50

#### 4.2.1 Diagrama unifilar

Para realizar el correcto diseño de la instalación eléctrica, es indispensable adoptar la mejor distribución del cableado, para lo cual se han tenido en cuenta diferentes aspectos tales como:

- Seguridad contra accidentes e incendios, para las personas y los bienes materiales.
- Eficiencia y economía, realizando el correcto balance entre factores técnicos y económicos.
- Accesibilidad y distribución, teniendo en cuenta la funcionalidad, el orden y la estética.
- Facilidad para el mantenimiento.

De esta manera se ha diseñado el diagrama unifilar, el cual se presenta en la siguiente imagen (Figura 201) y representa la instalación eléctrica considerando la utilización de un tablero general en el sector y bandejas porta cables. Se especifican las respectivas intensidades de corriente demandadas por cada equipo y las distancias en metros con respecto al tablero mencionado, considerando el trayecto de cada conductor en particular, a través de las bandejas porta cables.

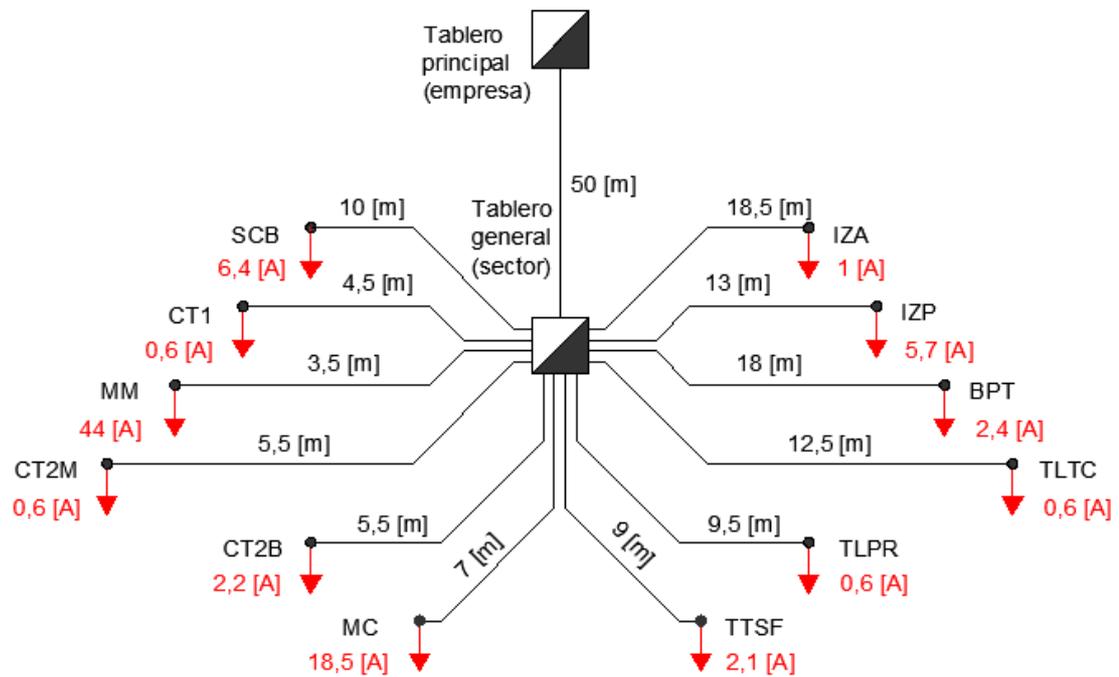


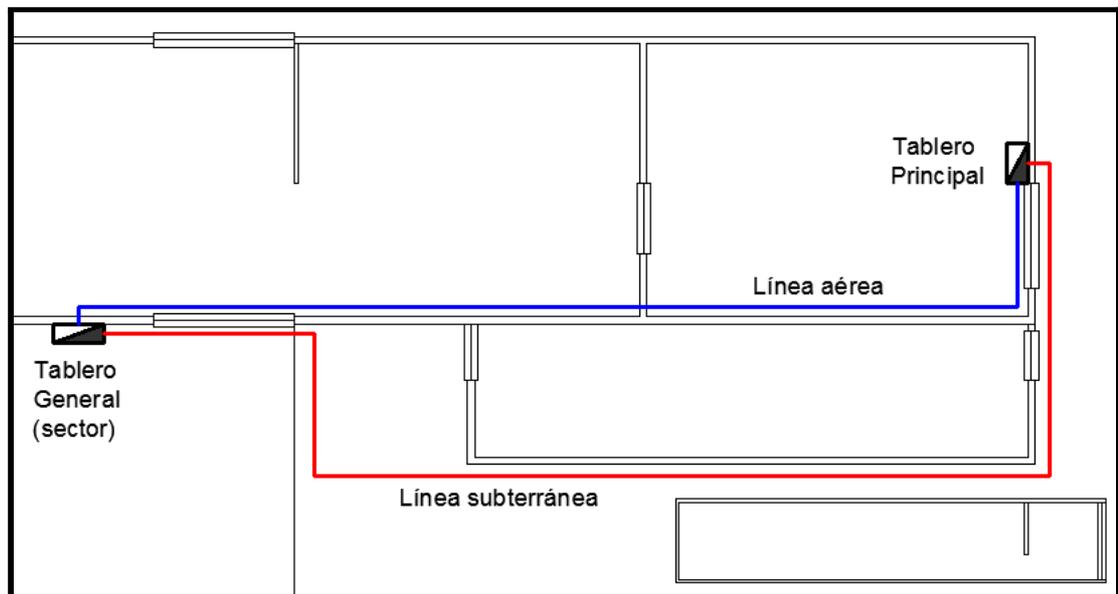
Figura 201. Diagrama unifilar

#### 4.2.2 Cálculo: Tablero principal - Tablero general (sector)

En primer lugar, es necesario calcular el conductor de alimentación eléctrica del tablero general proyectado en el sector de molienda. El mismo provendrá del tablero principal de la empresa, ubicado en el sector de inyección.

Se presentan dos posibilidades para realizar la conexión entre los tableros en cuestión. Una primera opción es utilizar bandejas portacables para realizar el tendido de forma aérea. La segunda posibilidad es realizar la conexión de manera subterránea, por el exterior del edificio, debido a que la ubicación del tablero principal de la empresa lo permite.

A continuación se expone un croquis (Figura 202) con los dos posibles recorridos del conductor.



*Figura 202. Croquis de posibles recorridos del conductor*

Seguidamente se determinará cuál de los recorridos es el óptimo, teniendo en cuenta aspectos técnicos (verificación por calentamiento y disminución de la tensión) y económicos.

### **Cálculo por calentamiento:**

Este tramo de conductor se encuentra sometido al efecto de la totalidad de las corrientes de forma prácticamente simultánea, debido a que existirán jornadas en que la línea de producción será operada con todos sus equipos. Por lo tanto se determina la suma total de las corrientes que posee un valor de 84,7 [A].

Para determinar el tipo de conductor a utilizar es necesario estudiar la disposición del mismo, que implica la corriente admisible que podrá soportar. Como ya se mencionó, existen dos posibles disposiciones, por un lado de forma aérea y por el otro de forma subterránea, considerando en ambos casos un conductor multipolar.

A continuación, se expone un recorte del catálogo del fabricante (Figura 203) que especifica, según la disposición y la sección del conductor, cual es

la intensidad de corriente que admite el mismo. El valor de corriente admisible inmediato superior al requerido es de 88 [A], siendo este un valor muy cercano a la suma total de corrientes en el sector (84,7 [A]). Por lo tanto, se decide analizar en ambas disposiciones el conductor siguiente, con un valor de intensidad de corriente admisible mayor, con el fin de disponer de un margen de corriente que permita incorporar nuevos equipos en un futuro, en el caso de que así se requiera.

**Payton PVC 1,1 kV Superflex** **I.M.S.A.**

Características eléctricas cables de cobre						
Sección nominal	Corriente adm, aire unipolares	Corriente adm, aire multipolares	Corriente adm, enterrados unipolares	Corriente adm, enterrados multipolares	Caída de tensión unipolares	Caída de tensión multipolares
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	V/A km	V/A km
1,5	18	16	30	29	21	21
2,5	25	22	39	39	13	13
4	33	30	50	51	8,7	8,61
6	41	37	63	65	5,86	5,77
10	56	52	84	88	3,46	3,37
16	75	70	108	112	2,24	2,16
25	127	88	140	144	1,41	1,34
35	157	110	168	173	1,06	0,98

Figura 203. Características eléctricas cables de cobre (“IMS”)

Como se puede ver en la imagen (Figura 203), colocar el conductor de forma aérea, es decir en bandeja portacable, implica una mayor sección (35 [mm<sup>2</sup>]) en comparación con una línea dispuesta de forma subterránea (16 [mm<sup>2</sup>]). Debido a la ubicación de los tableros en cuestión, el tramo aéreo significa una menor longitud (37 [m]) con respecto al subterráneo (50 [m]).

Por las diferencias mencionadas en el párrafo anterior, se debe realizar una comparación en términos económicos para optar por la alternativa más conveniente. En primer lugar es necesario tener en cuenta que una mayor sección de conductor implica un mayor costo, por lo que, considerando sólo este aspecto, la disposición aérea es la más costosa. En segundo lugar se debe considerar la longitud total del conductor, una mayor extensión del conductor implica un aumento de la inversión. La disposición subterránea posee una mayor longitud por lo que el valor se vería afectado por este

factor. Por último es necesario mencionar que la disposición aérea implica la utilización de bandejas portacables, lo que conlleva un costo extra a contemplar.

Según los aspectos analizados, el costo de realizar el tendido de forma subterránea es considerablemente menor en comparación con la disposición aérea. Esto se debe principalmente a que la diferencia de precios entre las secciones de los conductores es mucho mayor que la diferencia de longitudes que se presenta, la cual no es excesiva. Además, la inversión en infraestructura y mano de obra para realizar el tendido subterráneo implica un menor costo en comparación con la instalación de bandejas portacables.

Finalmente, se selecciona un conductor tetrapolar (3 fases + neutro) de sección 4x16 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
4 x 16	0,41	1	1,8	23,4	1038

Figura 204. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, enterrados multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
16	112	2,16

Figura 205. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

**Cálculo de la caída de tensión:**

Para determinar la caída de tensión en el tramo estudiado es necesario mencionar que, en la ecuación XXIV, se debe considerar la sumatoria del

producto de las intensidades de corriente por su respectivo factor de potencia. Por consiguiente la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$\delta = \sqrt{3} * \frac{\rho}{S} * L * \Sigma(I * \cos \varphi) \quad (\text{XXVI})$$

Con los datos de las intensidades de corriente y factor de potencia de cada equipo (Tabla 21), se obtiene el valor de la sumatoria:

$$\Sigma(I * \cos \varphi) = 67,94 [A]$$

Reemplazando en la ecuación (XXVI), se calcula la caída de tensión del conductor entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda:

$$\delta_{TP-TG} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}]}{16 [\text{mm}^2]} * 50 [m] * 67,94 [A] = 6,45 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión obtenido en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]):

$$\delta_{TP-TG \%} = \frac{6,45 [V] * 100\%}{380 [V]} = 1,70\%$$

La caída de tensión permitida hasta cada máquina es del 5%. Teniendo en cuenta que las distancias desde el tablero general del sector de molienda a cada equipo en particular no son considerables, en cuanto a longitud de conductores, se define que el porcentaje de caída de tensión obtenido para el tramo en cuestión es aceptable.

#### 4.2.3 Cálculo: Tablero general - Sierra circular de banco

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor de la sierra circular de banco.

**Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por la sierra circular de banco es de 6,4 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 206. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 207. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

**Cálculo de la caída de tensión:**

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 10 [m].

$$\delta_{TG-SCB} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 10 [\text{m}] * 6,4 [\text{A}] * 0,85 = 1,1 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe

adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-SCB \%} = \frac{1,1 [V] * 100\%}{380 [V]} + 1,70\% = 1,99\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.4 Cálculo: Tablero general - Cinta transportadora I

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor de la cinta transportadora I.

##### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por la cinta transportadora I es de 0,6 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 208. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal	Corriente adm, aire multipolares	Caída de tensión multipolares
mm <sup>2</sup>	A	V/A km
1,5	16	21

Figura 209. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 4,5 [m].

$$\delta_{TG-CT1} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/m]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 4,5 [\text{m}] * 0,6 [\text{A}] * 0,70 = 0,04 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-CT1} \% = \frac{0,04 [\text{V}] * 100\%}{380 [\text{V}]} + 1,70\% = 1,71\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

### **4.2.5 Cálculo: Tablero general - Molino a martillos**

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor del molino a martillos.

**Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por el molino a martillos es de 44 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x10 [mm<sup>2</sup>].

Es necesario aclarar que, debido a la potencia del motor del molino a martillos, se requiere disponer dos conductores desde el tablero hasta la bornera del motor para poder realizar un arranque del tipo estrella-triángulo. Dicha conexión será detallada en etapas posteriores del proyecto (Sección 4.4.4).

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 10	0,41	1	1,4	15,8	483

Figura 210. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
10	52	3,37

Figura 211. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

**Cálculo de la caída de tensión:**

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 3,5 [m].

$$\delta_{TG-MM} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/m]}{10 [\text{mm}^2]} * 3,5 [m] * 44 [A] * 0,84 = 0,39 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-MM \%} = \frac{0,39 [V] * 100\%}{380 [V]} + 1,70\% = 1,80\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### **4.2.6 Cálculo: Tablero gral. - Cinta transportadora II (motor)**

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor de la cinta transportadora II.

##### **Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por el motor de la cinta transportadora II es de 0,6 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 212. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 213. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 5,5 [m].

$$\delta_{TG-CT2M} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \cdot mm^2/m]}{1,5 [mm^2]} * 5,5 [m] * 0,6 [A] * 0,70 = 0,05 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molinera. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-CT2M} \% = \frac{0,05 [V] * 100\%}{380 [V]} + 1,70\% = 1,71\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.7 Cálculo: Tablero gral. - Cinta transportadora II (bomba)

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y la bomba del sistema de aspersión de la cinta transportadora II.

##### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por la bomba de la cinta transportadora II es de 2,2 [A]. El tipo de conexión del motor es monofásico.

Se selecciona un conductor bipolar (fase + neutro), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 2x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
2 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,1	115

Figura 214. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 215. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

##### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión monofásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXV. La longitud del conductor es de 5,5 [m].

$$\delta_{TG-CT2B} = 2 * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 5,5 [\text{m}] * 2,2 [\text{A}] * 0,85 = 0,24 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión monofásica (220 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molinera. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-CT2B \%} = \frac{0,24 [\text{V}] * 100\%}{220 [\text{V}]} + 1,70\% = 1,81\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.8 Cálculo: Tablero general - Molino a cuchillas

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molinera y el motor del molino a cuchillas.

##### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por el molino a martillos es de 18,5 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x2,5 [mm<sup>2</sup>].

Es necesario aclarar que, debido a la potencia del motor del molino a martillos, se requiere llevar dos conductores hasta la bornera del motor para poder realizar un arranque del tipo estrella-triángulo. Dicha conexión será detallada en etapas posteriores del proyecto (Sección 4.4.7).

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 2,5	0,26	0,8	1,4	10,6	176

Figura 216. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
2,5	22	13

Figura 217. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 7 [m].

$$\delta_{TG-MC} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/m]}{2,5 [\text{mm}^2]} * 7 [m] * 18,5 [A] * 0,82 = 1,29 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-MC} \% = \frac{1,29 [V] * 100\%}{380 [V]} + 1,70\% = 2,04\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.9 Cálculo: Tablero gral. - Transportador de tornillo sin fin

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor del transportador de tornillo sin fin.

##### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por el transportador de tornillo sin fin es de 2,1 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 218. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 219. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

##### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 9 [m].

$$\delta_{TG-TTSF} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 9 [\text{m}] * 2,1 [\text{A}] * 0,74 = 0,28 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-TTSF \%} = \frac{0,28 [\text{V}] * 100\%}{380 [\text{V}]} + 1,70\% = 1,77\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### **4.2.10 Cálculo: Tablero gral. - Tanque lavado (palas rotativas)**

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor de las palas rotativas pertenecientes al tanque de lavado.

##### **Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por el motor de las palas rotativas es de 0,6 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 220. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 221. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 9,5 [m].

$$\delta_{TG-TLPR} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/m]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 9,5 [\text{m}] * 0,6 [\text{A}] * 0,70 = 0,08 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molinera. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-TLPR \%} = \frac{0,08 [\text{V}] * 100\%}{380 [\text{V}]} + 1,70\% = 1,72\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.11 Cálculo: Tablero gral. - Tanque de lavado (cangilones)

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y el motor del transportador a cangilones perteneciente al tanque de lavado.

##### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por el motor de las palas rotativas es de 0,6 [A]. El tipo de conexión del motor es trifásico y no se requiere de neutro.

Se selecciona un conductor tripolar (3 fases), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 3x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
3 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,6	135

Figura 222. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 223. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

##### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión trifásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXIV. La longitud del conductor es de 12,5 [m].

$$\delta_{TG-TLC} = \sqrt{3} * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/m]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 12,5 [m] * 0,6 [A] * 0,70 = 0,10 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión trifásica (380 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-TLC \%} = \frac{0,1 [V] * 100\%}{380 [V]} + 1,70\% = 1,73\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### **4.2.12 Cálculo: Tablero gral. - Bomba (pileta de tratamiento)**

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y la bomba de la pileta de tratamiento.

##### **Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por la bomba es de 2,4 [A]. El tipo de conexión del motor es monofásico.

Se selecciona un conductor bipolar (fase + neutro), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 2x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
2 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,1	115

Figura 224. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 225. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

### Cálculo de la caída de tensión:

Se calcula la caída de tensión monofásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXV. La longitud del conductor es de 18 [m].

$$\delta_{TG-BPT} = 2 * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 18 [\text{m}] * 2,4 [\text{A}] * 0,85 = 0,85 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión monofásica (220 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-BPT} \% = \frac{0,85 [\text{V}] * 100\%}{220 [\text{V}]} + 1,70\% = 2,09\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 5% permitido, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

#### 4.2.13 Cálculo: Tablero gral. - Iluminación (zona producción)

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molinero y la iluminación de la zona de producción. Considerando que se cuenta con 9 luminarias en total, se decide realizar una distribución de 3 lámparas por fase. Esto se lleva a cabo con el fin de equilibrar el sistema trifásico y como prevención para el caso de que se produzca una falla en una fase, en esta situación la iluminación continuará en funcionamiento en las fases restantes.

Para simplificar el cálculo se considera la distancia a la luminaria más lejana y la carga total (3 lámparas) concentrada en ese punto.

#### Cálculo por calentamiento:

La intensidad de corriente demandada por la iluminación, de la zona de producción, es de 1,89 [A]. El tipo de conexión es monofásica.

Se selecciona un conductor bipolar (fase + neutro), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 2x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
2 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,1	115

Figura 226. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 227. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

**Cálculo de la caída de tensión:**

Se calcula la caída de tensión monofásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXV. La longitud del conductor es de 13 [m].

$$\delta_{TG-IZP} = 2 * \frac{1/57 [\Omega \text{ mm}^2/\text{m}]}{1,5 [\text{mm}^2]} * 13 [\text{m}] * 1,89 [\text{A}] * 0,50 = 0,28 [\text{V}]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión monofásica (220 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-IZP \%} = \frac{0,28 [\text{V}] * 100\%}{220 [\text{V}]} + 1,70\% = 1,83\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 3% permitido para iluminación, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

**4.2.14 Cálculo: Tablero gral. - Iluminación (zona almacenaje)**

A continuación, se calcula el conductor entre el tablero general del sector de molienda y la iluminación de la zona de almacenaje. En este caso, las luminarias serán conectadas a una sola fase dado que la carga total no posee un valor elevado. Es necesario tener en cuenta que en caso de presentarse una falla en dicha fase, sólo se afectaría la iluminación en el sector de almacenaje, lo cual no es relevante.

Para simplificar el cálculo se considera la distancia a la luminaria más lejana y la carga total concentrada en ese punto.

**Cálculo por calentamiento:**

La intensidad de corriente demandada por la iluminación, de la zona de producción, es de 1 [A]. El tipo de conexión es monofásica.

Se selecciona un conductor bipolar (fase + neutro), con una intensidad de corriente admisible por aire inmediatamente superior al valor exigido. La sección nominal del conductor es de 2x1,5 [mm<sup>2</sup>].

Multipolares - Formación flexible (Cu)					
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo alambres mm	Espesor de aislación mm	Espesor nominal de vaina mm	Diámetro exterior del cable mm	Peso del cable <sup>1</sup> kg/km
2 x 1,5	0,26	0,8	1,4	9,1	115

Figura 228. Características dimensionales del conductor (“IMSA”)

Características eléctricas cables de cobre		
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Corriente adm, aire multipolares A	Caída de tensión multipolares V/A km
1,5	16	21

Figura 229. Características eléctricas del conductor (“IMSA”)

**Cálculo de la caída de tensión:**

Se calcula la caída de tensión monofásica en el tramo estudiado, utilizando la ecuación XXV. La longitud del conductor es de 18,5 [m].

$$\delta_{TG-IZA} = 2 * \frac{1/57 [\Omega mm^2/m]}{1,5 [mm^2]} * 18,5 [m] * 1 [A] * 0,50 = 0,21 [V]$$

Es necesario expresar el valor de tensión calculado en porcentaje de caída con respecto a la tensión monofásica (220 [V]). Además, se debe adicionar el porcentaje de caída de tensión obtenido entre el tablero principal

de la empresa y el tablero general del sector de molienda. De esta manera se determina el porcentaje de caída total hasta el equipo estudiado:

$$\delta_{TG-IZA \%} = \frac{0,21 [V] * 100\%}{220 [V]} + 2,54\% = 1,79\%$$

El porcentaje de caída de tensión obtenido es menor al 3% permitido para iluminación, por lo tanto el conductor verifica satisfactoriamente.

### 4.3 Cálculo de cortocircuito

La determinación de las corrientes de cortocircuito es un factor fundamental para la verificación de las secciones de los conductores, determinadas en la sección anterior, y para la selección de las protecciones correspondientes.

Al calcular las corrientes de cortocircuito se debe considerar el lugar donde ésta se produce. En nuestro caso se determina la corriente de cortocircuito en el tablero general del sector de molienda y en bornes de los motores.

Entre los tipos más característicos de cortocircuitos, que se puedan presentar en una red trifásica, el de tipo tripolar es el más violento, por lo tanto será éste el que se considere como el caso más desfavorable. En cuanto a los motores monofásicos (bombas), se considera el tipo unipolar a tierra como el caso más adverso.

A continuación se presentan los datos relevantes para los diferentes cálculos:

**Potencia de cortocircuito de la red:**

Según datos de la empresa de distribución “ENERSA”, la potencia de cortocircuito en la red de 13,2 [kV] del parque industrial General Manuel Belgrano ronda en los 500 [MVA].

*Tabla 22. Datos de la red (ver referencias)*

Potencia de cortocircuito [MVA]	R' [ $\Omega$ ]	X' [ $\Omega$ ]	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]
500	0,0348480	0,3484800	0,0000289	0,0002888

*Referencias (Tabla 22):*

*Pr: Potencia de cortocircuito de la red*

*R': Resistencia referida al primario (alta tensión) de la red*

*X': Reactancia referida al primario (alta tensión) de la red*

*R: Resistencia referida al secundario (baja tensión) de la red*

*X: Reactancia referida al secundario (baja tensión) de la red*

**Transformador:**

Debido a que Quanta es un usuario que compra energía eléctrica en baja tensión, se debe considerar la impedancia del transformador de distribución. Se adoptó por una ubicación aproximada del mismo hasta la bajada de la empresa y una potencia típica para transformadores de distribución usados en general, debido a que no se puede contar con los valores exactos.

Tabla 23. Datos del transformador de distribución considerado (ver referencias)

<b>Transformador de Distribución</b> <b>Relación:</b> <b>13200 ±2 x 2,5%</b> <b>0,4400-231</b> <b>[kV]/[kV]</b>	<b>Pn [VA]</b>	<b>Pcc [W]</b>	<b>ur</b>	<b>uk</b>	<b>ux</b>
	500000	10500	0,0210	0,0400	0,0340
	<b>R' [Ω]</b>	<b>X' [Ω]</b>	<b>R [Ω]</b>	<b>X [Ω]</b>	<b>Z [Ω]</b>
	7,3181	11,8637	0,0061	0,0098	13,9392

Referencias (Tabla 23):

*Pn: Potencia nominal*

*Pcc: Pérdidas en cortocircuito del transformador*

*ur: Caída de tensión óhmica*

*uk: Tensión de cortocircuito referida a la nominal*

*ux: Componente reactiva de la tensión*

*R': Resistencia referida al primario (alta tensión) del transformador*

*X': Reactancia referida al primario (alta tensión) del transformador*

*R: Resistencia referida al secundario (baja tensión) del transformador*

*X: Reactancia referida al secundario (baja tensión) del transformador*

*Z: Impedancia referida al secundario (baja tensión) del transformador*

### **Conductores:**

A continuación, se presenta un resumen de los conductores determinados anteriormente para cada tramo (los valores de resistencia y reactancia son proporcionados por el fabricante):

Tabla 24. Resumen de los datos relevante de los conductores

<b>Tramo</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Resistencia [Ω/km]</b>	<b>Reactancia [Ω/km]</b>	<b>Longitud [m]</b>
Transformador de subestación - Tablero de bajada	3x95 + 50	0,37	0,089	735
Tablero de	3x35 + 16	0,66	0,076	60

bajada - Tablero principal				
Tablero principal - Tablero general (sector)	4x16	1,45	0,081	50
Tablero general - Sierra circular de banco	3x1,5	15,90	0,108	10
Tablero general - Cinta transportadora I	3x1,5	15,90	0,108	4,5
Tablero general - Molino a martillos	3x10	2,29	0,086	3,5
Tablero general - Cinta transportadora II (motor)	3x1,5	15,90	0,108	5,5
Tablero general - Cinta transportadora II (bomba)	2x1,5	15,90	0,108	5,5
Tablero general - Molino a cuchillas	3x2,5	9,55	0,100	7
Tablero general - Transportador de tornillo sin fin	3x1,5	15,90	0,108	9
Tablero general - Tanque de lavado (palas rotativas)	3x1,5	15,90	0,108	9,5
Tablero general - Tanque de lavado (cangilones)	3x1,5	15,90	0,108	12,5
Bomba (pileta de tratamiento)	2x1,5	15,90	0,108	18

### 4.3.1 Cortocircuito en el tablero general del sector

Para determinar la corriente máxima de cortocircuito del tipo tripolar, en el tablero general del sector de molienda, se debe primeramente definir los valores totales de resistencia y reactancia hasta el punto considerado. De esta manera se puede determinar la impedancia total de los conductores hasta el tablero en cuestión.

La resistencia total hasta el tablero general del sector se puede determinar de la siguiente manera:

$$R_T = R_r + R_t + R_{t-tb} + R_{tb-tp} + R_{tp-tg} \quad (\text{XXVII})$$

Donde:  $R_T$ : Resistencia total (al tablero general del sector)

$R_r$ : Resistencia de la red referida al secundario (baja tensión)

$R_t$ : Resistencia del transformador

$R_{t-tb}$ : Resistencia del tramo transformador - tablero de bajada

$R_{tb-tp}$ : Resistencia del tramo tablero de bajada - tablero principal

$R_{tp-tg}$ : Resistencia del tramo tablero principal - tablero general

A continuación determinando los valores de resistencia de los tramos restantes mediante sus respectivas longitudes:

$$R_{t-tb} = 0,37 [\Omega/km] * 0,735 [km] = 0,272 [\Omega]$$

$$R_{tb-tp} = 0,66 [\Omega/km] * 0,060 [km] = 0,039 [\Omega]$$

$$R_{tp-tg} = 1,45 [\Omega/km] * 0,050 [km] = 0,072 [\Omega]$$

Reemplazando los valores en la ecuación (XXVII):

$$R_T = 2,89 \times 10^{-5} [\Omega] + 6,10 \times 10^{-3} [\Omega] + 0,272 [\Omega] + 0,039 [\Omega] + 0,072 [\Omega]$$

$$R_T = 0,389 [\Omega]$$

Por otra parte, la reactancia total hasta el tablero general del sector se puede determinar de la siguiente manera:

$$X_T = X_r + X_t + X_{t-tb} + X_{tb-tp} + X_{tp-tg} \quad (\text{XXVIII})$$

Donde:  $X_T$ : Reactancia total (al tablero general del sector)

$X_r$ : Reactancia de la red referida al secundario (baja tensión)

$X_t$ : Reactancia del transformador

$X_{t-tb}$ : Reactancia del tramo transformador - tablero de bajada

$X_{tb-tp}$ : Reactancia del tramo tablero de bajada - tablero principal

$X_{tp-tg}$ : Reactancia del tramo tablero principal - tablero general

A continuación, determinamos los valores de reactancia de los tramos restantes mediante sus respectivas longitudes:

$$X_{t-tb} = 0,089 [\Omega/km] * 0,735 [km] = 0,065 [\Omega]$$

$$X_{tb-tp} = 0,076 [\Omega/km] * 0,060 [km] = 4,56 \times 10^{-3} [\Omega]$$

$$X_{tp-tg} = 0,081 [\Omega/km] * 0,050 [km] = 4,05 \times 10^{-3} [\Omega]$$

Reemplazando los valores en la ecuación (XXVIII):

$$X_T = 2,888 \times 10^{-4} [\Omega] + 9,8 \times 10^{-3} [\Omega] + 0,065 [\Omega] + 4,56 \times 10^{-3} [\Omega] + 4,05 \times 10^{-3} [\Omega]$$

$$X_T = 0,084 [\Omega]$$

Con los valores de resistencia y reactancia totales se calcula la impedancia total:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \sqrt{(0,389 [\Omega])^2 + (0,084 [\Omega])^2} = 0,398 [\Omega]$$

Finalmente, se puede determinar la corriente máxima de cortocircuito, del tipo tripolar, con la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * Z_T} \quad (\text{XXIX})$$

Reemplazando los valores de tensión (380 [V]) e impedancia total:

$$I_{cc} = \frac{380 [V]}{\sqrt{3} * 0,398 [\Omega]} = 551,24 [A]$$

El resultado obtenido es el valor efectivo de la componente de corriente alterna en el momento de iniciarse el cortocircuito.

### 4.3.2 Cortocircuito en bornes de los motores

En esta sección se determinarán las magnitudes de corrientes de cortocircuito en bornes de los motores, pertenecientes a los distintos equipos. Para esto es necesario adicionar, a los valores previamente calculados para el tablero general del sector, la resistencia y reactancia del

tramo final de cada conductor. De esta forma se obtiene la impedancia total de cada línea, permitiendo calcular las corrientes de cortocircuito correspondientes a cada una de ellas.

A continuación, se exponen los valores de las magnitudes eléctricas antes mencionadas que corresponden a los equipos trifásicos. Mediante estos datos se determina la corriente de cortocircuito utilizando la ecuación expuesta anteriormente (XXIX).

Tabla 25. Corrientes de cortocircuito en bornes de los motores trifásicos

Equipo	Resistencia total [Ω]	Reactancia total [Ω]	Impedancia total [Ω]	Corriente de cortocircuito [A]
Sierra circular de banco	0,548	0,085	0,555	395,613
Cinta transportadora I	0,461	0,084	0,468	468,553
Molino a martillos	0,397	0,084	0,406	540,555
Cinta transportadora II (motor)	0,476	0,085	0,484	453,384
Molino a cuchillas	0,456	0,085	0,464	473,185
Transportador de tornillo sin fin	0,532	0,085	0,539	407,157
Tanque de lavado (palas rotativas)	0,540	0,085	0,547	401,303
Tanque de lavado (cangilones)	0,588	0,085	0,594	369,402

En el caso de los motores monofásicos, la ecuación de la corriente máxima de cortocircuito presenta una variación con respecto al tipo trifásico. La expresión para determinar la corriente de cortocircuito del tipo unipolar a tierra es la siguiente:

$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} * U_n}{Z_T + Z_0}$$

Considerando que las corrientes de cortocircuito de mayor magnitud ocurren cuando la impedancia de puesta a tierra ( $Z_0$ ) tiene un valor nulo, se procede a analizar esta situación ya que es la más desfavorable.

Tabla 26. Corrientes de cortocircuito en bornes de los motores monofásicos

Equipo	Resistencia total [Ω]	Reactancia total [Ω]	Impedancia total [Ω]	Corriente de cortocircuito [A]
Cinta transportadora II (bomba)	0,476	0,085	0,484	787,296
Bomba (pileta de tratamiento)	0,675	0,086	0,680	560,370

### 4.3.3 Tiempo máximo admisible de cortocircuito

Habiendo determinado las corrientes de cortocircuito en los diferentes conductores, se procede a determinar el tiempo máximo admisible de cortocircuito por debajo del cual deberán actuar las correspondientes protecciones. Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$T = \left( \frac{S * C}{I_{cc}} \right)^2 \tag{XXX}$$

Donde:  $T$ : Tiempo máximo admisible de cortocircuito

$S$  : Sección del conductor

$C$ : Coeficiente según el conductor, el aislante y la temperatura

$I_{cc}$  : Corriente máxima de cortocircuito

El coeficiente “C” para cables de cobre, aislados en PVC a 160 [°C], posee un valor de 115.

En primer lugar se determina el tiempo máximo admisible de cortocircuito para el tablero general del sector de molienda. Reemplazando en la ecuación (XXX):

$$T = \left( \frac{16 [mm^2] * 115}{551,24 [A]} \right)^2 = 11,14 [s]$$

Seguidamente se presenta una tabla con las secciones de los conductores y las corrientes de cortocircuito calculadas, para los equipos pertenecientes al sector de molienda. De esta manera se obtiene la duración admisible de cortocircuito en los bornes de cada equipo, para luego poder realizar la selección de las protecciones, teniendo en cuenta el tiempo de respuesta de cada una, entre otras consideraciones.

Tabla 27. Tiempo máximo admisible de cortocircuito en bornes de los motores

Equipo	Sección del conductor [mm <sup>2</sup> ]	Corriente de cortocircuito máxima [A]	Tiempo de cortocircuito máximo admisible [s]
Sierra circular de banco	1,5	395,613	0,190
Cinta transportadora I	1,5	468,553	0,136
Molino a martillos	10	540,555	4,526
Cinta transportadora II (motor)	1,5	453,384	0,145
Cinta transportadora II (bomba)	1,5	787,296	0,048
Molino a cuchillas	2,5	473,185	0,369
Transportador de tornillo sin fin	1,5	407,157	0,179
Tanque de lavado (palas rotativas)	1,5	401,303	0,185
Tanque de lavado (cangilones)	1,5	369,402	0,218
Bomba (pileta de tratamiento)	1,5	560,370	0,095

#### 4.4 Selección: Protecciones y dispositivos de comando

En el presente apartado se seleccionan los dispositivos de comando, conexión y protección a ubicar en el tablero general del sector de molienda.

Se opta por utilizar productos de la marca “WEG”, con sus respectivos catálogos y herramientas de cálculo, para llevar a cabo la correcta selección.

Para este procedimiento se tienen en cuenta diversos factores como las intensidades de corrientes nominal, de maniobra y de corto circuito, tensiones de funcionamiento, cantidad de operaciones posibles, tiempos de respuesta de los dispositivos, tipo de conexiones y demás características a considerar.

Además se lleva a cabo la selección y diseño del sistema de puesta a tierra del sector.

#### **4.4.1 Protección general**

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección general de la instalación eléctrica del sector de molienda.

##### **Seccionador general:**

Para la protección general del tablero se decide utilizar un seccionador bajo carga porta fusibles, que será ubicado en la acometida de la línea de alimentación del tablero del sector. Los seccionadores son dispositivos que se utilizan en circuitos eléctricos, estos son capaces de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de funcionamiento así como también en condiciones anormales de sobrecarga (por ejemplo corrientes de cortocircuito).

Se selecciona un seccionador bajo carga tripolar, modelo “FSW” (Figura 230), con una corriente nominal de 100 [A] (valor inmediato superior al requerido de 84,7 [A]) y fusibles del tipo NH000 (Figura 231).



### Interruptor-Seccionador Fusible

Tipo	I <sub>th</sub> (A)	I <sub>e</sub> (A)		Fusible	Polos
		AC-22B 690 V	AC-23B 400 V		
FSW 100-3	100	100	100	NH000	3

Figura 230. Seccionador bajo carga tripolar de 100 [A] (“WEG”)



### FUSIBLE NH aR FNH000-100K-A

Tipo del fusible	NH
Clase del fusible	aR
Tamaño fusible	000
Corriente nominal	100 A
Tipo de conexión	Contacto cuchilla
Capacidad de interrupción del fusible	100 kA en 690 Vca

Figura 231. Fusible NH000 de 100 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo (Figura 232) de los fusibles seleccionados. Este procedimiento se lleva a cabo mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito determinado anteriormente, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido.

Tabla 28. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Seccionador general			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
11,14 [s]	100 [A]	551,24 [A]	<b>280 [A]</b>

### Fusibles FNH000 aR

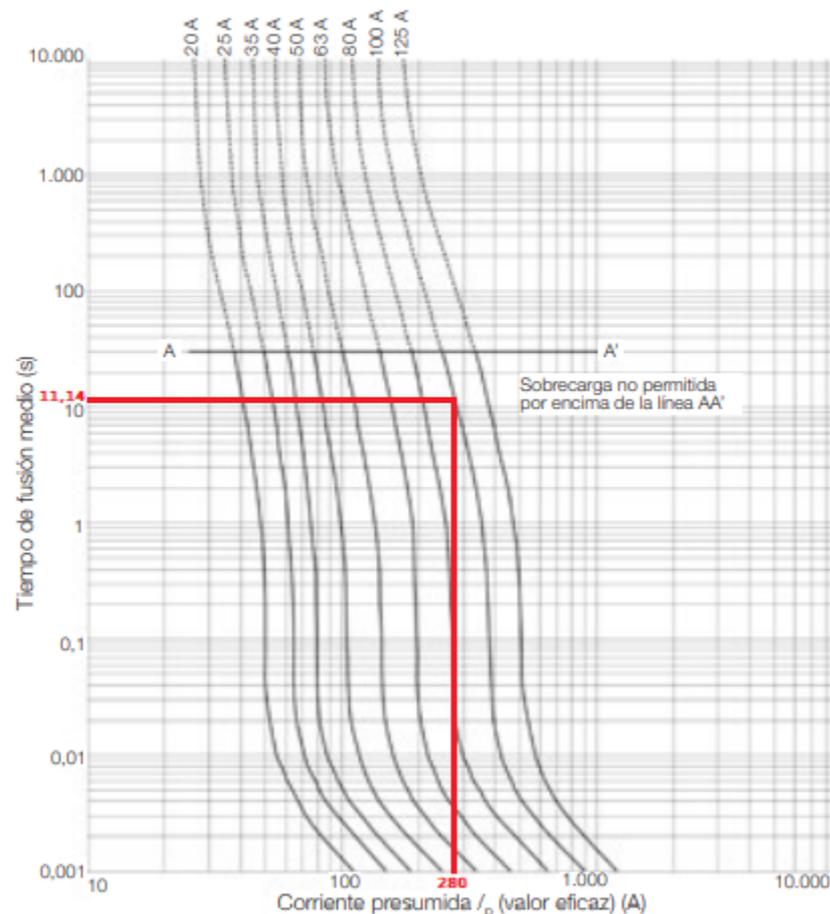


Figura 232. Curva de disparo del fusible NH000 (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto los fusibles seleccionados verifican correctamente.

#### **Interruptor diferencial:**

Las tres fases a la salida del seccionador general se acometen junto al neutro de la línea de alimentación en una barra repartidora, la cual posee dos salidas por conductor. Dicha conexión se realiza con el fin de separar el circuito en dos secciones e instalar dos interruptores diferenciales. Este dispositivo es un equipo de protección que monitorea la fuga de corrientes en circuitos eléctricos, para la protección de personas y de la instalación contra contactos directos e indirectos.

Debido a que la potencia de los motores de los molinos es relativamente elevada, pueden existir fugas de corriente en el momento del arranque que la protección diferencial interpretará como una falla y producirá la desconexión del circuito. Por tal motivo se utiliza un interruptor diferencial tetrapolar con una sensibilidad de 300 [mA] para dichos motores y un interruptor diferencial tetrapolar con una sensibilidad de 30 [mA] para los equipos restantes.

Teniendo en cuenta los factores anteriormente mencionados, se opta por seleccionar un interruptor diferencial tetrapolar modelo “RDWS” (Figura 233) para la sección del circuito que corresponde a los molinos. El mismo posee una corriente nominal de 63 [A] (valor inmediato superior al requerido de 62,5 [A]) y una sensibilidad de 300 [mA].



#### INTERRUPTOR DR RDWS-AC-300-63-4-D34

Sensibilidad	300 mA
Corriente nominal, [In]	63 A
Numero de polos	4
Tensión de operación	400V 50/60Hz

Figura 233. Interruptor diferencial tetrapolar de 63 [A] ( “WEG”)

En cuanto al circuito correspondiente al resto de los equipos, se selecciona un interruptor diferencial tetrapolar, modelo “RDWS” (Figura 234), con una corriente nominal de 25 [A] (valor inmediato superior al requerido de 22,2 [A]), que posee una sensibilidad de 30 [mA].



## INTERRUPTOR DR RDWS-AC-30-25-4-D34

Sensibilidad	30 mA
Corriente nominal, [In]	25 A
Numero de polos	4
Tensión de operación	400V 50/60Hz

Figura 234. Interruptor diferencial tetrapolar de 25 [A] (“WEG”)

### 4.4.2 Protección de la sierra circular de banco

A continuación se selecciona el dispositivo correspondiente necesario para la protección del motor perteneciente a la sierra circular de banco.

#### Interruptor termomagnético:

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este dispositivo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos, siendo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético (ley de Ampere) y el térmico (efecto Joule).

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 235), con una corriente nominal de 10 [A] (valor inmediato superior al requerido de 6,4 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C10-3

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	10A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	3 Polos		

Figura 235. Interruptor termomagnético tripolar de 10 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo (Figura 236) del interruptor termomagnético seleccionado. Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (10 [A]).

Tabla 29. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Sierra circular de banco: Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,19 [s]	10 [A]	395,61 [A]	100 [A]

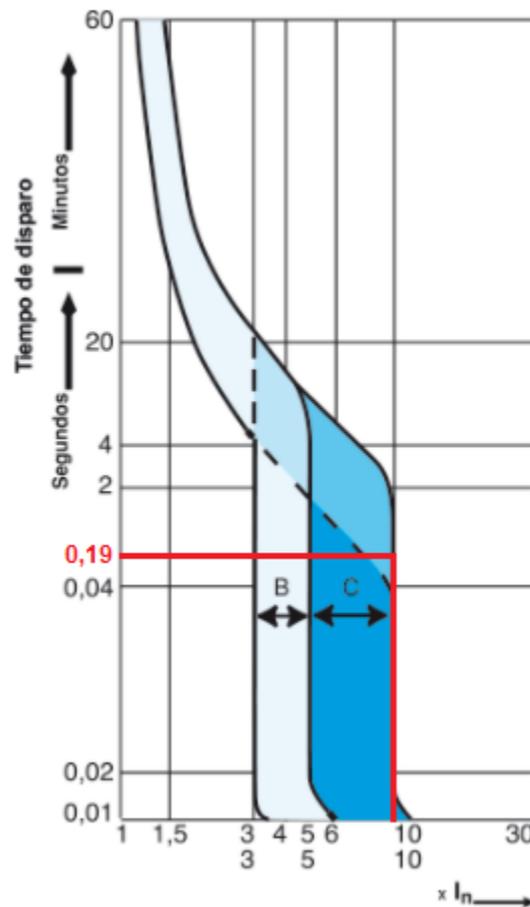


Figura 236. Curva de disparo del interruptor termomagnético ("WEG")

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

#### 4.4.3 Protección y comando de la cinta transportadora I

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando del motor perteneciente a la cinta transportadora I.

**Interruptor termomagnético:**

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 237), con una corriente nominal de 2 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.

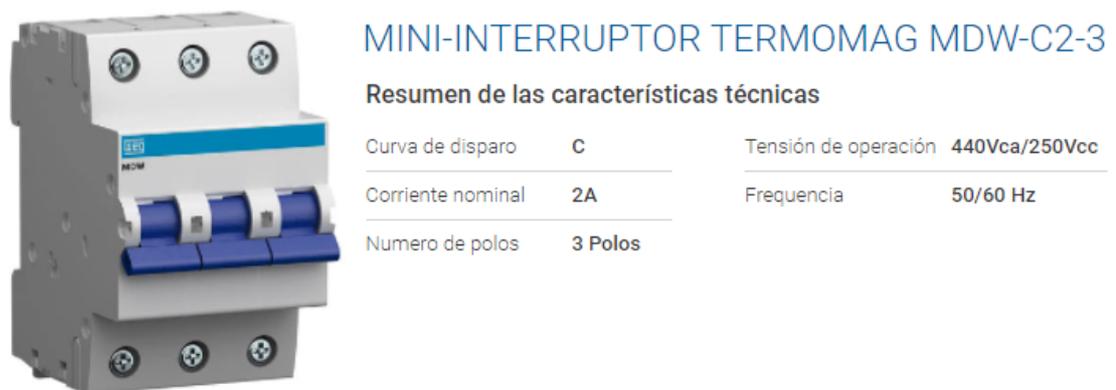


Figura 237. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo (Figura 238) del interruptor termomagnético seleccionado. Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (2 [A]).

Tabla 30. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Cinta transportadora I: Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,14 [s]	2 [A]	468,55 [A]	20 [A]

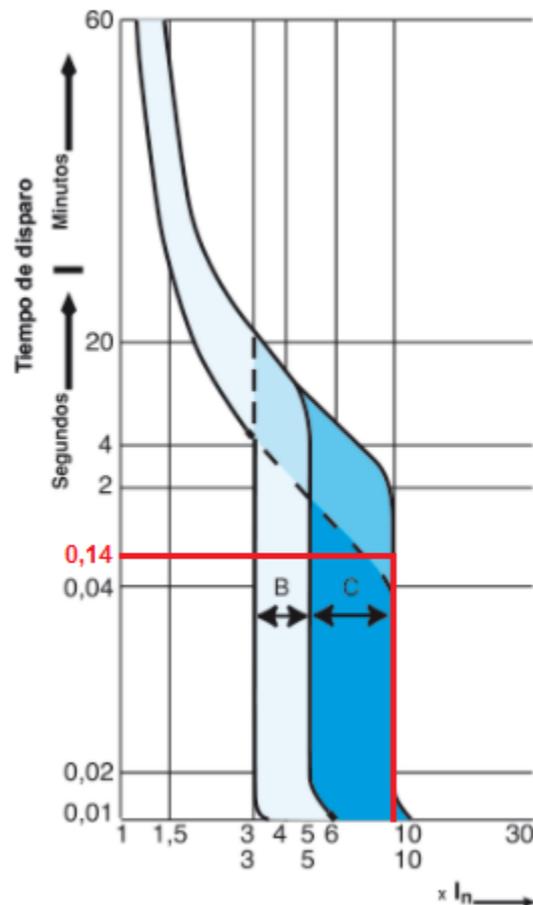


Figura 238. Curva de disparo del interruptor termomagnético ("WEG")

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

### **Contactador:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo "CWC0" (Figura 239), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), con una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 239. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

#### 4.4.4 Protección y comando del molino a martillos

Para motores con potencias mayores a los 7,5 [HP] se recomienda no realizar un arranque de manera directa, sino mediante un método que reduzca las elevadas corrientes que se generan al momento del arranque, que pueden llegar a ser 7 veces mayores a la nominal. Considerando que la potencia del motor del molino a martillos es de 30 [HP], se opta por utilizar un arranque del tipo estrella-triángulo automático.

El arranque estrella-triángulo es un método de conexión empleado para reducir la intensidad de corriente eléctrica, consumida por el motor durante el arranque. Al principio, el motor, se encuentra conectado según el esquema estrella (Y), por lo tanto, la intensidad absorbida es un tercio de la que sería necesaria si el circuito estuviese conectado con el esquema triángulo. Cuando alcanza cierta velocidad de giro, se conecta el motor según el esquema triángulo ( $\Delta$ ), ya que genera mayor par motor en comparación con si continuará conectado según el esquema estrella.

Para la selección del conjunto de dispositivos, que conforman el sistema de arranque estrella-triángulo, se hace uso de la herramienta de selección que brinda el sitio web de “WEG”, en la sección de “Arranque y Protección de Motores”. Ingresando los datos del motor del molino a martillos (potencia y tensión), se obtiene el conjunto de componentes (Figura 241) y el esquema de conexión (Figura 242).

Datos del motor	
Tipo del motor	Standard
Número de polos	4
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Potencia del motor (Pn)	30/22 (cv/kW)
Tensión del motor	380 V
Corriente del Motor	42.78 A

Figura 240. Datos del motor del molino a martillos

Disyuntor magnético Q1 o [Fusible D o NH] F1, F2, F3	MPW65i-3-U050 (50 A) [50 A]
Contactores K1 e K2	CWB25-11-30*
Contactador K3	CWB18-11-30*
Relé de Sobrecarga Térmico FT1	RW27-2D3-U032 (22-32 A)
Relé Temporizador Estrella- triángulo	RTW17-G

Figura 241. Componentes del arranque estrella-triángulo ("WEG")



también proporcionan protección contra cortocircuitos, sobrecargas y fallos de la fase.

La herramienta de selección de “WEG” recomienda utilizar un guardamotor tripolar, modelo “MPW” (Figura 243), con un rango de corriente de 40-50 [A] (rango que contempla el valor requerido de 44 [A]). El mismo es representado como “Q1” en el esquema de conexión (ver Figura 242).



## GUARDAMOTOR MPW65-3-U050

### Resumen de las características técnicas

Referencia	MPW65	Rango de corriente	40-50 A
Corriente Nominal Máxima Inmax (Ie)	65 A	Tipo de terminal	Box

Figura 243. Guardamotor tripolar de 40-50 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo (Figura 244) del guardamotor. Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 8 veces la corriente ajustada en el interruptor (45 [A]).

Tabla 31. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Molino a martillos: Guardamotor			
Tiempo máximo de disparo	Corriente de ajuste	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
4,52 [s]	45 [A]	540,55 [A]	360 [A]

## MPW12...80

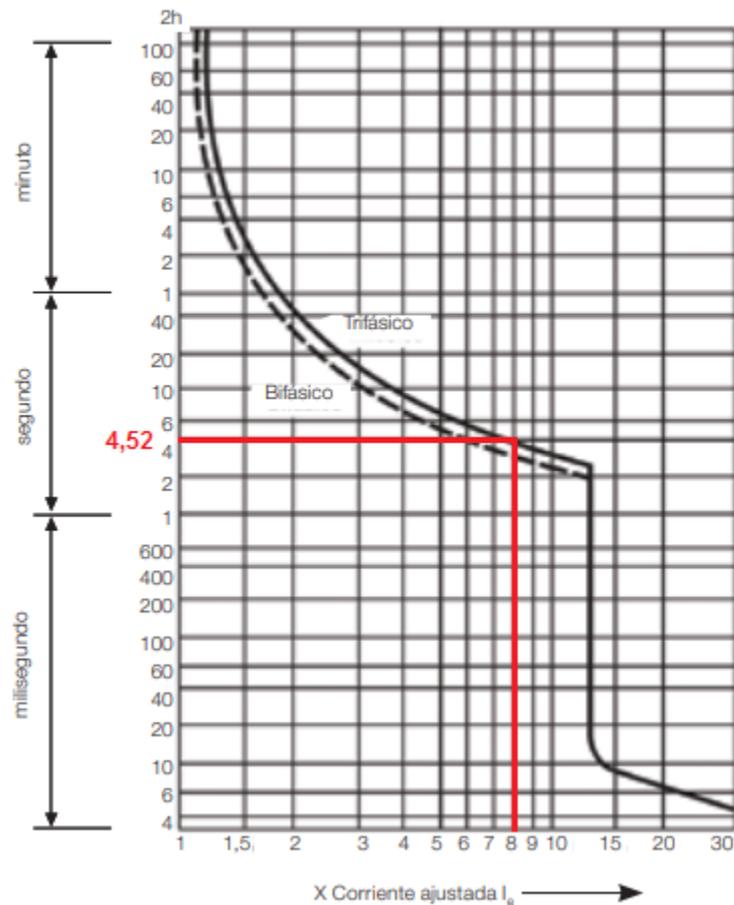


Figura 244. Curva de disparo del guardamotor (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el guardamotor verifica correctamente.

### **Contactores:**

Se recomiendan dos contactores tripolares, modelo “CWB” (Figura 245), con una corriente nominal de 25 [A], que posee una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA. Los mismos son representados como “K1” y “K2” en el esquema de conexión (ver Figura 242), y serán los encargados de realizar la conexión triángulo y permitir la conmutación.



## CONTACTOR CWB25-11-30D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 25 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWB	Tipo de terminal
Contacto principal	3 NA	Tornillo

Figura 245. Contactor tripolar de 25 [A] (“WEG”)

Por otra parte se sugiere utilizar un contactor tripolar, modelo “CWB” (Figura 245), con una corriente nominal de 18 [A], que posee una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA. El mismo es representado como “K3” en el esquema de conexión (ver Figura 242), y será el encargado de realizar la conexión estrella previo a la conmutación.



## CONTACTOR CWB18-11-30D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 18 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWB	Tipo de terminal
Contacto principal	3 NA	Tornillo

Figura 246. Contactor tripolar de 18 [A] (“WEG”)

### Relé de sobrecarga:

El relé de sobrecarga térmica es un componente electromecánico que se utiliza para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y

prolongadas. Además actúan en caso de que ocurra una sobretensión o un fallo de fase para resguardar a los motores.

Se aconseja utilizar un relé de sobrecarga tripolar, modelo “RW27” (Figura 247), con un rango de corriente de 22-32 [A]. El mismo es representado como “FT1” en el esquema de conexión (ver Figura 242).



## RELE SOBRECARGA AZ RW27-2D3-U032

### Resumen de las características técnicas

Referencia	RW27	Configuración de montaje	2D
Tipo montaje	Directa	Rango de corriente	22-32 A
Modelo contactor	CWB9-38		

Figura 247. Relé de sobrecarga tripolar de 22-32 [A] (“WEG”)

### **Relé temporizador:**

Un relé temporizador es un dispositivo que es utilizado para temporizar una conmutación de sus contactos durante o después de un período de tiempo que es fijado por el usuario.

Para esta aplicación se recomienda utilizar un relé temporizador modelo “RTW17” (Figura 248), con un rango de temporización de 3-30 [s], que posee una tensión de control de 24 [V] AC y dos contactos de salida NA y NC.



## RELE TEMPORIZADOR RTW17-G02U030SE05

### Resumen de las características técnicas

Función	Estrella-triángulo	Tensión control	24-240V 50/60Hz/DC
Contactos de salida	2 NA/NC	Tensión terminales A1-24-240 V 50/60Hz/DC A2	
Temporización	3-30s	Tensión terminales A2-No aplicable A3	
Complemento función	No aplicable		

Figura 248. Relé temporizador de 3-30 [s] (“WEG”)

### 4.4.5 Protección y comando de cinta transportadora II (motor)

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando del motor perteneciente a la cinta transportadora II.

#### Interruptor termomagnético:

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 249), con una corriente nominal de 2 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C2-3

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	2A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	3 Polos		

Figura 249. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 250). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (2 [A]).

Tabla 32. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Cinta transportadora II (motor): Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,14 [s]	2 [A]	453,38 [A]	20 [A]

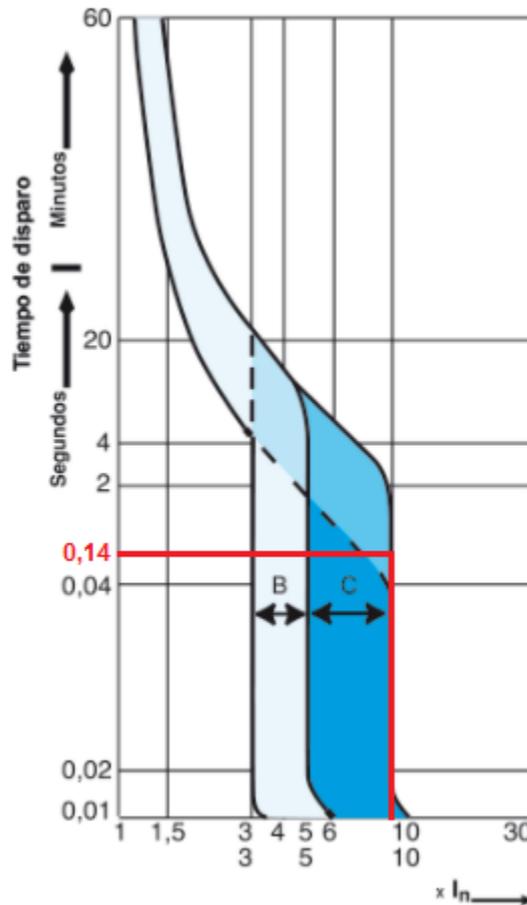


Figura 250. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

### **Contactor:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 251), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), con una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 251. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

#### 4.4.6 Protección y comando de cinta transportadora II (bomba)

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando de la bomba perteneciente a la cinta transportadora II.

##### Interruptor termomagnético:

Para la protección del motor de la bomba se decide utilizar un interruptor termomagnético bipolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético bipolar, modelo “MDW” (Figura 252), con una corriente nominal de 4 [A] (valor inmediato superior al requerido de 2,2 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C4-2

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	4A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	2 Polos		

Figura 252. Interruptor termomagnético bipolar de 4 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 253). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (4 [A]).

Tabla 33. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Cinta transportadora II (bomba): Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,05 [s]	4 [A]	787,30 [A]	40 [A]

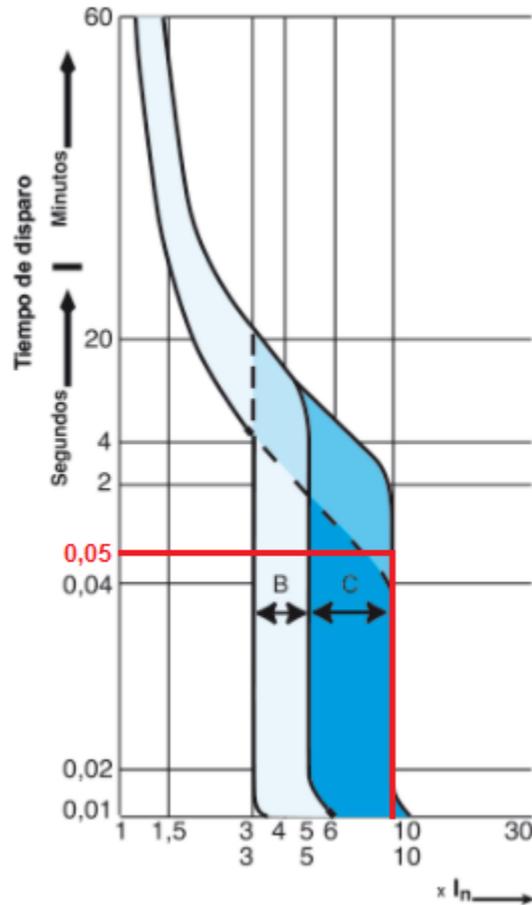


Figura 253. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

### **Contactador:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 254), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 2,2 [A]), con una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 254. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

### 4.4.7 Protección y comando del molino a cuchillas

Al igual que en el molino a martillos (ver Sección 4.4.4), la potencia del motor del molino a cuchillas excede los 7,5 [HP], siendo que el mismo cuenta con una potencia de 12,5 [HP]. De igual manera se opta por utilizar un arranque del tipo estrella-triángulo.

Para la selección del conjunto de dispositivos, que conforman el sistema de arranque estrella-triángulo, nuevamente se recurre a la herramienta de selección que brinda el sitio web de “WEG”, en la sección de “Arranque y Protección de Motores”. Ingresando los datos del motor del molino a cuchillas (potencia y tensión), se obtiene el conjunto de componentes (Figura 256) y el esquema de conexión (Figura 257).

Datos del motor	
Tipo del motor	Standard
Número de polos	4
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Potencia del motor (Pn)	12.5/9.2 (cv/kW)
Tensión del motor	380 V
Corriente del Motor	18.53 A

Figura 255. Datos del motor del molino a cuchillas

Disyuntor magnético Q1 o [Fusible D o NH] F1, F2, F3	MPW40i-3-U020 (20 A) [25 A]
Contactores K1 e K2	CWC012
Contactador K3	CWC07
Relé de Sobrecarga Térmico FT1	RW17-1D3-D125 (8-12,5 A)
Relé Temporizador Estrella- triángulo	RTW17-G

Figura 256. Componentes del arranque estrella-triángulo (“WEG”)

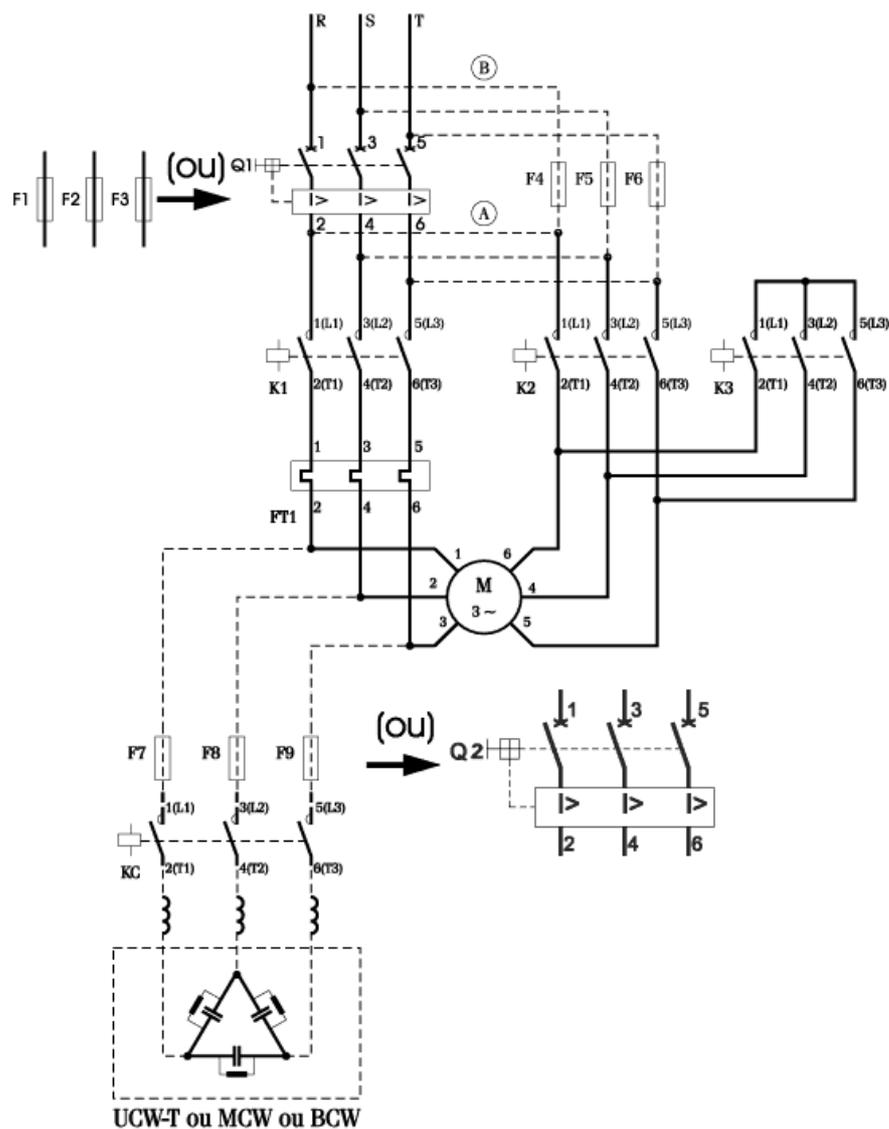


Figura 257. Esquema de conexión del arranque estrella-triángulo (“WEG”)

A continuación se presentan en detalle cada uno de los dispositivos que componen el arranque estrella-triángulo del motor a cuchillas.

**Guardamotor:**

La herramienta de selección de “WEG” recomienda utilizar un guardamotor tripolar, modelo “MPW” (Figura 258), con un rango de corriente de 16-20 [A] (rango que contempla el valor requerido de 18,5 [A]). El mismo es representado como “Q1” en el esquema de conexión (ver Figura 257).



GUARDAMOTOR AZ MPW40-3-U020

Resumen de las características técnicas

Referencia	MPW40	Rango de corriente	16-20 A
Corriente Nominal Máxima Inmax (Ie)	40 A	Tipo de terminal	Tornillo

Figura 258. Guardamotor tripolar de 16-20 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo (Figura 259) del guardamotor. Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 13,5 veces la corriente ajustada en el interruptor (20 [A]).

Tabla 34. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Molino a cuchillas: Guardamotor			
Tiempo máximo de disparo	Corriente de ajuste	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,37 [s]	20 [A]	473,18 [A]	270 [A]

MPW12...80

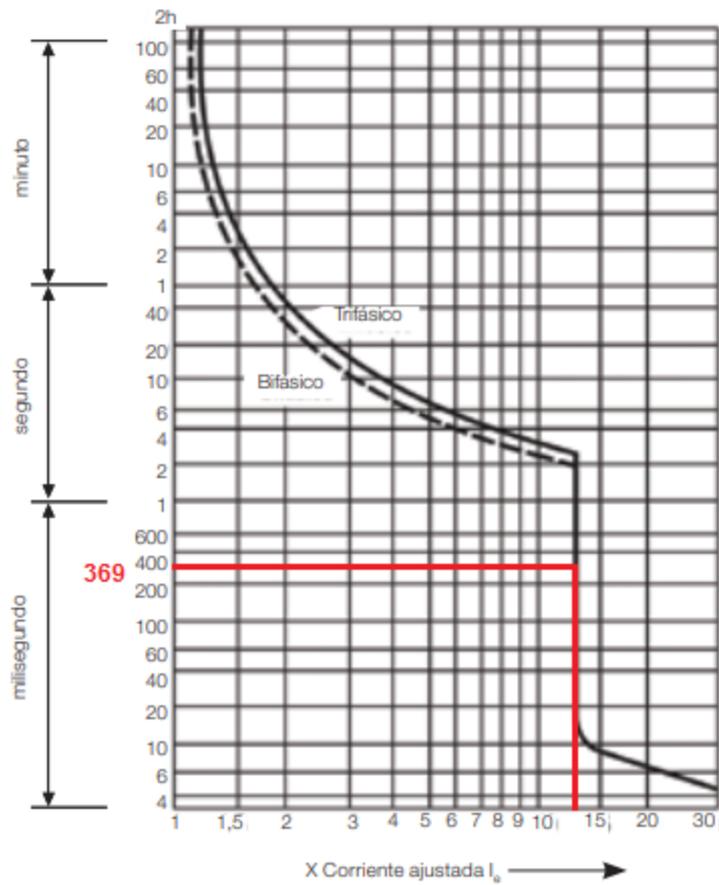


Figura 259. Curva de disparo del guardamotor (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el guardamotor verifica correctamente.

**Contactores:**

Se recomiendan dos contactores tripolares, modelo “CWC0” (Figura 260), con una corriente nominal de 12 [A], que posee una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA. Los mismos son representados como “K1” y “K2” en el esquema de conexión (ver Figura 257), y serán los encargados de realizar la conexión triángulo y permitir la conmutación.



**MINICONTACTOR AZ CWC012-00-40D02**

**Resumen de las características técnicas**

Corriente nominal In - 12 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

*Figura 260. Contactor tripolar de 12 [A] (“WEG”)*

Por otra parte se sugiere utilizar un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 261), con una corriente nominal de 7 [A], que posee una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA. El mismo es representado como “K3” en el esquema de conexión (ver Figura 257), y será el encargado de realizar la conexión estrella previo a la conmutación.



**MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02**

**Resumen de las características técnicas**

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

*Figura 261. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)*

**Relé de sobrecarga:**

Se aconseja utilizar un relé de sobrecarga tripolar, modelo “RW27” (Figura 262), con un rango de corriente de 8-12,5 [A]. El mismo es representado como “FT1” en el esquema de conexión (ver Figura 257).



**RELE SOBRECARGA AZ RW17-1D3-D125**

**Resumen de las características técnicas**

Referencia	<b>RW17</b>	Configuración de montaje	<b>1D</b>
Tipo montaje	<b>Directa</b>	Rango de corriente	<b>8-12,5 A</b>
Modelo contactor	<b>CWC07-16, CW07</b>		

Figura 262. Relé de sobrecarga tripolar de 8-12,5 [A] (“WEG”)

**Relé temporizador:**

Para esta aplicación se recomienda utilizar un relé temporizador, modelo “RTW17” (Figura 263), con un rango de temporización de 3-30 [s], que requiere una tensión de control de 24 [V] AC y posee dos contactos de salida NA y NC.



**RELE TEMPORIZADOR RTW17-G02U030SE05**

**Resumen de las características técnicas**

Función	<b>Estrella-triángulo</b>	Tensión control	<b>24-240V 50/60Hz/DC</b>
Contactos de salida	<b>2 NA/NC</b>	Tensión terminales A1-24-240 V 50/60Hz/DC A2	
Temporización	<b>3-30s</b>	Tensión terminales A2-No aplicable A3	
Complemento función	<b>No aplicable</b>		

Figura 263. Relé temporizador tripolar de 3-30 [s] (“WEG”)

#### 4.4.8 Protección y comando del transportador de tornillo sin fin

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando del motor perteneciente al transportador de tornillo sin fin.

##### Interruptor termomagnético:

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 264), con una corriente nominal de 4 [A] (valor inmediato superior al requerido de 2,1 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.

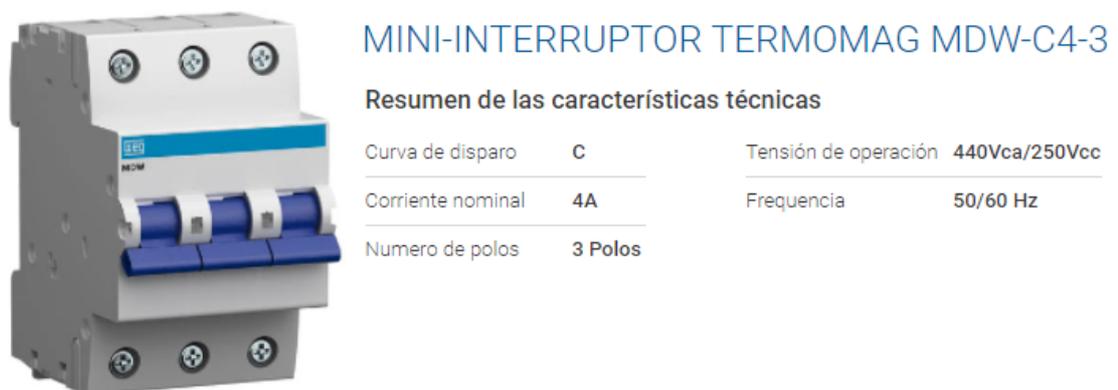


Figura 264. Interruptor termomagnético tripolar de 4 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 265). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (4 [A]).

Tabla 35. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Transportador de tornillo sin fin: Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,18 [s]	4 [A]	407,16 [A]	40 [A]

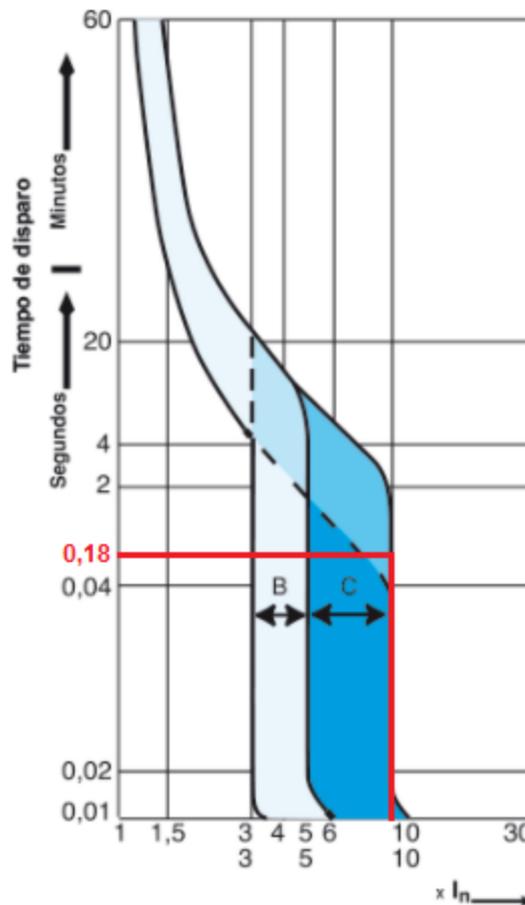


Figura 265. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

**Contactor:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 266), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), con una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 266. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

#### 4.4.9 Protección y comando del tanque lavado (palas rotativas)

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando del motor perteneciente al sistema de palas rotativas del tanque de lavado.

##### Interruptor termomagnético:

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 267), con una corriente nominal de 2 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C2-3

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	2A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	3 Polos		

Figura 267. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 268). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (2 [A]).

Tabla 36. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Tanque de lavado (palas rotativas): Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,18 [s]	2 [A]	401,30 [A]	20 [A]

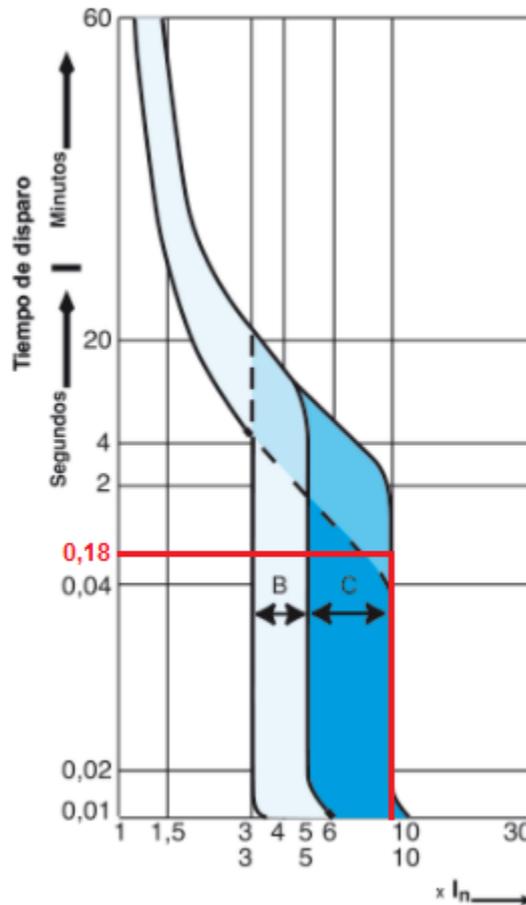


Figura 268. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

### **Contactador:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 269), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), que requiere una tensión de control de 24 [V] AC y posee contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 269. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

#### 4.4.10 Protección y comando del tanque lavado (cangilones)

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando del motor perteneciente al transportador de cangilones del tanque de lavado.

##### Interrupor termomagnético:

Para la protección del motor se decide utilizar un interruptor termomagnético tripolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tripolar, modelo “MDW” (Figura 270), con una corriente nominal de 2 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C2-3

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	2A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	3 Polos		

Figura 270. Interruptor termomagnético tripolar de 2 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 271). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (2 [A]).

Tabla 37. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

Tanque de lavado (cangilones): Interruptor termomagnético			
Tiempo máximo de disparo	Corriente nominal	Corriente de cortocircuito	Corriente de disparo
0,22 [s]	2 [A]	369,40 [A]	20 [A]

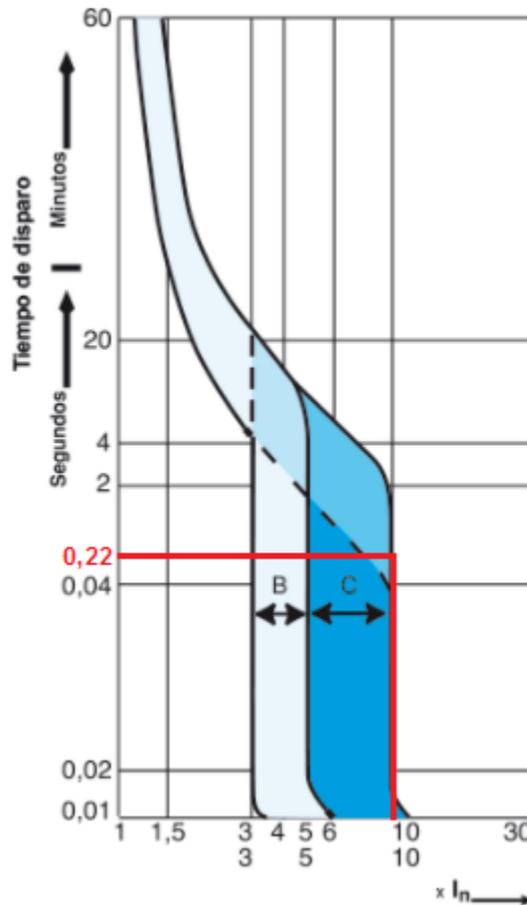


Figura 271. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

**Contactador:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 272), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 0,6 [A]), con una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 272. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

#### 4.4.11 Protección y comando de la bomba (pileta tratamiento)

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección y el comando de la bomba perteneciente a la pileta de tratamiento.

##### Interrupor termomagnético:

Para la protección del motor de la bomba se decide utilizar un interruptor termomagnético bipolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético bipolar, modelo “MDW” (Figura 273), con una corriente nominal de 4 [A] (valor inmediato superior al requerido de 2,4 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



## MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C4-2

### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	4A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	2 Polos		

Figura 273. Interruptor termomagnético bipolar de 4 [A] (“WEG”)

Seguidamente se realiza un análisis de la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado (Figura 274). Este procedimiento se lleva a cabo ingresando a la curva mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito previamente determinado, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido. En este caso la curva indica 10 veces la corriente nominal del interruptor (4 [A]).

Tabla 38. Datos eléctricos relevantes para curva de disparo

<b>Bomba (pileta de tratamiento): Interruptor termomagnético</b>			
<b>Tiempo máximo de disparo</b>	<b>Corriente nominal</b>	<b>Corriente de cortocircuito</b>	<b>Corriente de disparo</b>
0,09 [s]	4 [A]	560,37 [A]	<b>40 [A]</b>

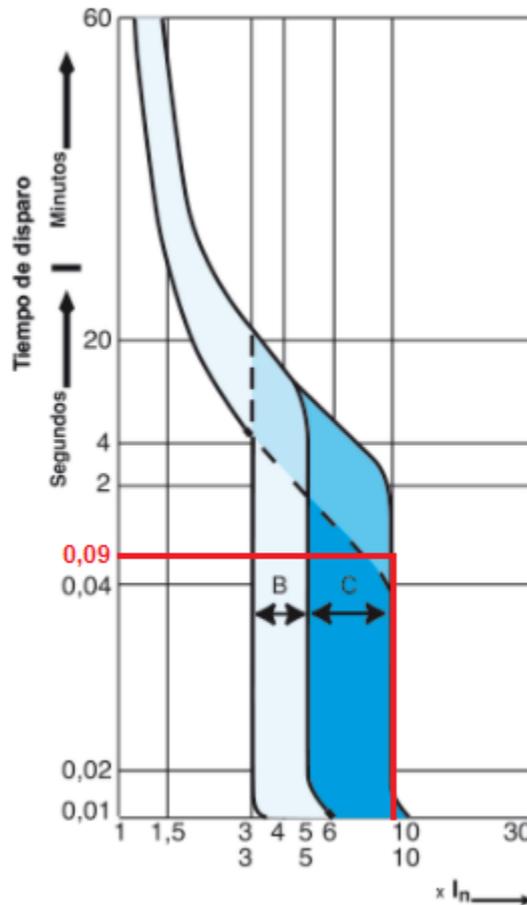


Figura 274. Curva de disparo del interruptor termomagnético (“WEG”)

La corriente de disparo obtenida para el tiempo máximo de actuación es menor a la corriente de cortocircuito, por lo tanto el interruptor termomagnético seleccionado verifica correctamente.

**Contactor:**

Para realizar las conmutaciones del circuito del motor se decide utilizar un contactor tripolar.

Se selecciona un contactor tripolar, modelo “CWC0” (Figura 275), con una corriente nominal de 7 [A] (valor inmediato superior al requerido de 2,2 [A]), que requiere una tensión de control de 24 [V] AC y posee contactos principales NA.



## MINICONTACTOR AZ CWC07-00-40D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - 7 A AC-3 (Ue ≤ 440 V)	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWC0	Tipo de terminal
Contacto principal	4 NA	Tornillo

Figura 275. Contactor tripolar de 7 [A] (“WEG”)

### 4.4.12 Protección del sistema de iluminación

A continuación se seleccionan los dispositivos correspondientes necesarios para la protección del sistema de iluminación.

#### **Interruptor termomagnético (zona de producción):**

Se decide utilizar un interruptor termomagnético tetrapolar ya que, como se mencionó anteriormente (ver Sección 4.2.13), las luminarias serán distribuidas equitativamente entre las fases para lograr un equilibrio de cargas y además, en caso de falla de una fase aguas arriba, permitir el funcionamiento de las restantes. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético tetrapolar, modelo “MDW” (Figura 276), con una corriente nominal de 6 [A] (valor inmediato superior al requerido de 5,7 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



### MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C6-4

#### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	6A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	4 Polos		

Figura 276. Interruptor termomagnético tetrapolar de 6 [A] (“WEG”)

#### Interruptor termomagnético (zona de almacenaje):

Se decide utilizar un interruptor termomagnético bipolar. Este equipo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se selecciona un interruptor termomagnético bipolar, modelo “MDW” (Figura 277), con una corriente nominal de 2 [A] (valor inmediato superior al requerido de 1 [A]), que posee una curva de disparo tipo C.



### MINI-INTERRUPTOR TERMOMAG MDW-C2-2

#### Resumen de las características técnicas

Curva de disparo	C	Tensión de operación	440Vca/250Vcc
Corriente nominal	2A	Frecuencia	50/60 Hz
Numero de polos	2 Polos		

Figura 277. Interruptor termomagnético bipolar de 2 [A] (“WEG”)

#### 4.4.13 Puesta a tierra

La puesta a tierra es parte del conjunto del sistema de protección y consiste en la conexión de las superficies conductoras expuestas a algún punto no energizado. Esta conexión es realizada para que, en caso de una

derivación imprevista de la corriente o de una falla de los aislamientos, no se efectúe una descarga eléctrica sobre el personal al entrar en contacto con partes energizadas de la instalación.

La conexión entre el conductor y la tierra se denomina “toma de tierra” y esta se realiza por medio de uno o varios electrodos denominados “jabalinas”. El fallo de esta instalación puede provocar que se desconecte el suministro por un interruptor termomagnético o un interruptor diferencial.

Debido a que la potencia eléctrica en el sector tiene un valor considerable, se decide diseñar un sistema de puesta a tierra local e independiente del sistema actual de la empresa. De esta manera se garantiza el correcto funcionamiento del circuito de conexión a tierra y a su vez del sistema de protecciones.

Los distintos equipos serán enlazados, por medio de conductores denominados “conductores de protección”, a una bornera ubicada en el tablero general del sector de molienda. Cada conductor de protección deberá poseer una sección acorde a la requerida por la reglamentación de la AEA 90364 (Asociación Electrotécnica Argentina).

La tabla “770.14.I” de la reglamentación (Figura 278), muestra las secciones nominales mínimas para los conductores de protección.

**Tabla 770.14.I - Sección nominal mínima de los conductores de protección y del cable de puesta a tierra**

Sección nominal de los cables de línea (fase) de la instalación “S” [ mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección “S <sub>PE</sub> ” [ mm <sup>2</sup> ] y del cable de puesta a tierra “S <sub>PAT</sub> ” [ mm <sup>2</sup> ]
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S / 2

- 1 En ningún caso la sección del cable de puesta a tierra será menor que 4 mm<sup>2</sup>.
- 2 En ningún caso la sección del conductor de protección debe ser menor que 2,5 mm<sup>2</sup>.

*Figura 278. Sección nominal mínima de los conductores de puesta a tierra*

Según la exigencias impuestas por la AEA, se procede a seleccionar los conductores de protección necesarios para cada tramo de la instalación con sus correspondientes secciones (Tabla 39).

Tabla 39. Sección de los conductores de línea y de protección

Tramo	Conductor de línea [mm <sup>2</sup> ]	Conductor de protección [mm <sup>2</sup> ]
Tablero general - Sierra circular de banco	3x1,5	1x2,5
Tablero general - Cinta transportadora I	3x1,5	1x2,5
Tablero general - Molino a martillos	3x10	1x10
Tablero general - Cinta transportadora II (motor)	3x1,5	1x2,5
Tablero general - Cinta transportadora II (bomba)	2x1,5	1x2,5
Tablero general - Molino a cuchillas	3x2,5	1x2,5
Tablero general - Transportador de tornillo sin fin	3x1,5	1x2,5
Tablero general - Tanque de lavado (palas rotativas)	3x1,5	1x2,5
Tablero general - Tanque de lavado (cangilones)	3x1,5	1x2,5
Bomba (pileta de tratamiento)	2x1,5	1x2,5

La bornera del sistema de puesta a tierra, ubicada en el tablero general, será conectada a la toma de tierra por medio de un conductor unipolar de 16 [mm<sup>2</sup>] de sección, siguiendo la reglamentación (ver Figura 278) y considerando que el conductor de alimentación del tablero en cuestión tiene una sección de 4x16 [mm<sup>2</sup>].

La toma de tierra será realizada por medio de un electrodo (jabalina) de núcleo de acero al carbono revestido de cobre electrolítico, bajo norma IRAM 2309-01 según las exigencias de la reglamentación de AEA.

Se selecciona una jabalina de dimensiones normalizadas, de 9,52 [mm] ( $\frac{3}{8}$  de pulgada) de diámetro y 1000 [mm] de largo. Es necesario verificar que la resistencia de contacto con el terreno esté dentro de los valores aceptables, se debe realizar el cálculo correspondiente mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2\pi * l} * \left( \ln \left( \frac{8 * l}{d} \right) - 1 \right) \quad (\text{XXXI})$$

Donde:  $R$ : Resistencia de contacto entre el electrodo y el terreno

$\rho$  : Resistividad del terreno

$l$  : Longitud del electrodo

$d$  : Diámetro del electrodo

Para determinar la resistividad del suelo es posible realizar una medición local mediante un telurímetro o aproximar dicho valor mediante el uso de tablas, conociendo el tipo de suelo de la zona. Ya que no se cuenta con el dispositivo de medición específico, se opta por emplear la segunda alternativa mencionada.

A continuación se expone la tabla “771-C.VIII” de la reglamentación AEA (Figura 279) donde se muestran las resistividades de los diferentes tipos de suelos. Teniendo en consideración que la zona del Parque Industrial “General Manuel Belgrano” posee un suelo del tipo vertisol, el cual tiene un alto contenido de minerales de arcilla, y que las precipitaciones en la zona sobrepasan los 500 [mm] al año, se procede a definir el valor de la resistividad del suelo.

Tabla 771-C.VIII - Resistividades de terrenos

Tipo de suelo	Condiciones climáticas			
	A Precipitaciones normales y abundantes (más de 500 mm por año)		B Precipitaciones escasas y condiciones desérticas (menos de 500 mm por año)	C Aguas subterráneas salinas
	Valor más probable	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos
	$\Omega m$	$\Omega m$	$\Omega m$	$\Omega m$
Aluvial y arcillas livianas	5	*	*	1 a 5
Arcillas (excluy. al aluvial)	10	5 a 20	10 a 100	3 a 10
Greda	20	10 a 20	50 a 300	3 a 10
Tierra calcárea porosa (por ejemplo greda)	50	30 a 100	50 a 300	3 a 10
Arenisca porosa	100	30 a 300	> 1000	10 a 30
Cuarzos y piedra caliza compacta y cristalina	300	100 a 1000	> 1000	30 a 100
Pizarras arcillosas y esquistos pizarrosos	1000	300 a 3000	> 1000	30 a 100
Granito	1000	300 a 3000	> 1000	30 a 100
Pizarras rajadizas, rocas ígneas	2000	> 1000	>1000	30 a 100

Figura 279. Resistividad de terreno según tipo de suelo y condiciones climáticas

Se opta por un valor de 20 [ $\Omega m$ ] ya que sería la situación menos favorable. Procedemos a reemplazar en la ecuación (XXXI) los valores obtenidos y determinar la resistencia de contacto para la jabalina seleccionada:

$$R = \frac{20 [\Omega m]}{2\pi * 1 [m]} * \left( \text{Ln} \left( \frac{8 * 1 [m]}{0,00952 [m]} \right) - 1 \right) = 18,25 [\Omega]$$

La reglamentación AEA exige una resistencia de contacto máxima de 40 [ $\Omega$ ] por lo que la jabalina seleccionada se encuentra dentro de los límites, verificando satisfactoriamente.

Por último, es necesario aclarar que la jabalina deberá contar con una caja o cámara de inspección para facilitar el acceso a la misma. La caja de inspección oculta la jabalina, protegiéndola de posibles golpes y daños especialmente en el área de la conexión. Además, permite la inspección de la misma y posibilita la medición periódica de la resistencia eléctrica de la puesta a tierra.

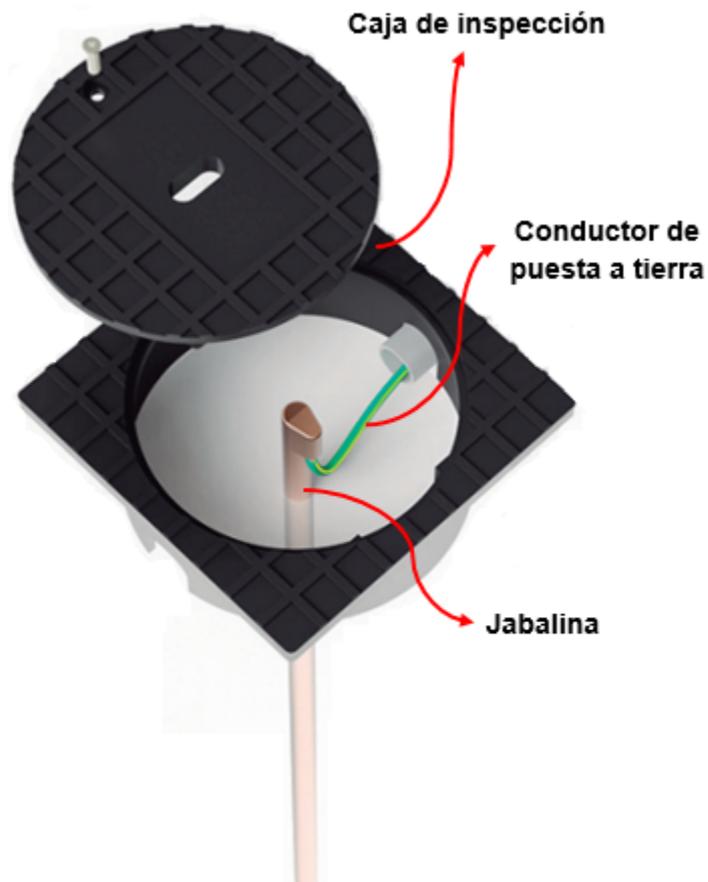


Figura 280. Esquema de la puesta a tierra

## 4.5 Compensación del factor de potencia

Se denomina compensación o corrección del factor de potencia al procedimiento dirigido a reducir el valor de las corrientes de origen reactivo que circulan por la red.

La energía eléctrica alterna lleva implícita la existencia de campos magnéticos, que provocan el movimiento en los motores, el encendido de cualquier luminaria no resistiva pura, entre otros. Estas cargas requieren de una potencia reactiva para su funcionamiento, que origina un mayor o menor factor de potencia.

A continuación se expone un gráfico (Figura 281) con el fin de representar las distintas clases de potencias en forma de fasores y el ángulo.

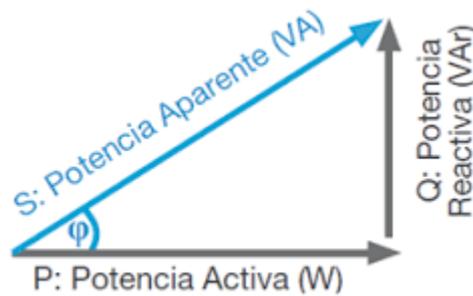


Figura 281. Triángulo de potencias

Compensar significa aumentar el coseno, es decir, disminuir el ángulo ( $\phi$ ) hasta casi anular la circulación de corrientes reactivas absorbidas por la carga.

La compensación o corrección del factor de potencia tiene beneficios técnicos y económicos muy altos, alguno de ellos son los siguientes:

- Eliminación de los cargos por bajo factor de potencia.
- Posibilidad de bonificación por buen factor de potencia.
- Menores pérdidas en el sistema por efecto Joule (calentamiento).
- Mejor regulación de tensión.
- Liberación de capacidad en el sistema.

El factor de potencia exigido actualmente, por la empresa de distribución (“ENERSA”), es igual o superior a 0,88. En el caso de que el factor de potencia fuese inferior a 0,88, la compañía distribuidora del suministro eléctrico está facultada a aumentar los cargos según se indica a continuación:

<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,88 hasta 0,80:</b>	<b>5 %</b>
<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,80 hasta 0,75:</b>	<b>10 %</b>
<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,75:</b>	<b>20%</b>

Figura 282. Porcentaje de aumento de los cargos por bajo factor de potencia

Cuando el valor medio del factor de potencia fuese inferior a 0,60, la distribuidora del suministro eléctrico, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico.

Para realizar la correcta compensación del factor de potencia y no incurrir en multas u obtener los beneficios antes mencionados, primero se debe determinar el valor del factor de potencia general, en nuestro caso, en el sector de molienda de la empresa.

En primer lugar, se requiere conocer la potencia activa y reactiva de cada equipo en particular, para luego poder determinar los valores totales en el sector.

El valor de potencia activa necesario está referido al consumo eléctrico de los equipos. Teniendo en consideración que la placa de datos de los motores aporta el valor de potencia mecánica en el eje de los mismos, se procede a calcular el valor de potencia activa de consumo eléctrico de la siguiente manera:

$$P_{monofásico} = V * I * \cos \varphi$$

$$P_{trifásico} = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

Donde:  $P_{monofásico}$  : Potencia activa monofásica

$P_{trifásico}$  : Potencia activa trifásica

$V$ : Tensión de línea

$I$ : Intensidad de corriente eléctrica

$\cos \varphi$  : Factor de potencia

Para determinar el valor de la potencia reactiva de consumo eléctrico, las expresiones anteriores tienen la siguiente variación:

$$Q_{monofásico} = V * I * \text{sen } \varphi$$

$$Q_{trifásico} = \sqrt{3} * V * I * \text{sen } \varphi$$

Los cálculos se llevarán a cabo utilizando los valores aportados por las placas y hojas de datos de los motores. Sin embargo, es necesario tener en consideración la operación en vacío de los dos molinos del sector, siendo este un caso que se presenta de manera recurrente en este tipo de equipos y teniendo en cuenta la elevada potencia eléctrica de ambos motores en comparación con el resto de las máquinas del sector.

Cuando un motor opera por debajo de la plena carga el factor de potencia del mismo disminuye. Este fenómeno se presenta especialmente en molinos debido al tipo de operación de estos equipos. Por lo tanto, es necesario considerar el factor de potencia más desfavorable de los molinos en un porcentaje de carga reducido.

No es posible conocer el factor de potencia a menor carga, de los motores de los molinos de la empresa, ya que la placa de los mismos no aportan dicho dato. Además, no se cuenta con documentos técnicos y la fabricación de ambos motores ha sido discontinuada, por lo que tampoco se puede acceder a la información necesaria vía fabricante.

Por las consideraciones expuestas en el párrafo anterior, se decide consultar la ficha técnica de motores similares del fabricante “WEG”. Teniendo en cuenta los datos aportados de la placa de ambos molinos, se seleccionan dos motores con las mismas características eléctricas (Figura 283 y 285).

Dentro de las características técnicas de los motores seleccionados se especifica el factor de potencia para distintos porcentajes de carga (Figura 284 y 286). Se debe considerar el menor porcentaje de carga posible (50%), obteniendo el factor de potencia más desfavorable.



Carcasa	180L
Potencia	22 kW (30 HP)
Numero de polos	4
Frecuencia	50 Hz
Rotación nominal	1465 rpm
Resbalamiento	2.33 %
Tensión nominal	380/660 V
Corriente nominal	43.9/25.3 A

Figura 283. Motor “WEG” equivalente al motor del molino a martillos

#### Factor de potencia

50%	75%	100%
0.66	0.77	0.84

Figura 284. Factor de potencia del motor según el porcentaje de carga (“WEG”)



Carcasa	132M
Potencia	9.2 kW (12.5 HP)
Numero de polos	2
Frecuencia	50 Hz
Rotación nominal	2925 rpm
Resbalamiento	2.50 %
Tensión nominal	380/660 V
Corriente nominal	18.5/10.7 A

Figura 285. Motor “WEG” equivalente al motor del molino a cuchillas

### Factor de potencia

50%	75%	100%
0.64	0.76	0.82

Figura 286. Factor de potencia del motor según el porcentaje de carga (“WEG”)

Finalmente, para el desarrollo de los cálculos se utilizará un factor de potencia de 0,66 que corresponde al molino a martillos y de 0,64 para el molino a cuchillas.

Seguidamente se presenta un resumen de los datos eléctricos relevantes de cada equipo (Tabla 40), con los cálculos de la potencia activa y reactiva utilizando las ecuaciones expuestas anteriormente.

Tabla 40. Potencia activa y reactiva de los equipos del sector de molienda

Equipo		Tensión [V]	Corriente [A]	cos $\phi$	Potencia activa [kW]	Potencia reactiva [kVAr]
Sierra circular de banco		380	6,4	0,85	3,58	2,22
Cinta transportadora I		380	0,6	0,70	0,28	0,28
Molino a martillos		380	44	0,66	19,11	21,76
Cinta transportadora II	Motor	380	0,6	0,70	0,28	0,28
	Bomba	220	2,2	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		380	18,5	0,64	7,79	9,36
Transportador de tornillo sin fin		380	2,1	0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	380	0,6	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	380	0,6	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		220	2,4	0,80	0,42	0,32

Iluminación LED (zona de producción)	220	5,7	0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)	220	1	0,50	0,11	0,19

Seguidamente, se realiza la sumatoria de las potencias con el fin de obtener las componentes totales de cada una:

$$\Sigma P = 34,19 [kW]$$

$$\Sigma Q = 37,24 [kVAr]$$

Una vez obtenidas las componentes, se procede a determinar el factor de potencia general:

$$FP = \cos(\arctan(\frac{\Sigma Q}{\Sigma P})) = \cos(\arctan(\frac{37,24}{34,19})) = 0,68$$

El factor de potencia obtenido (0,68) corresponde a la operación de todos los equipos del sector, considerando el caso más desfavorable en los molinos donde se encuentran operando por debajo de la plena carga.

Debido a que el proceso productivo puede presentar variaciones con respecto al tamaño de la materia prima procesada (ver Sección 1.1), es necesario considerar los casos en los que el proceso comience en la cinta transportadora I (materia prima que no requiere ser recortada con la sierra circular de banco) o en la cinta transportadora II (materia prima apta para ingresar al molino a cuchillas de manera directa). En los casos mencionados no se utiliza la totalidad de los equipos, por lo que es necesario considerar otras posibilidades de simultaneidad en el sector.

Por los motivos mencionados en el párrafo anterior, es necesario considerar una compensación variable del factor de potencia general o llevar a cabo una corrección puntual en determinados equipos. Analizando las distintas posibilidades, se decide llevar a cabo un estudio más profundo en las máquinas de mayor potencia del sector, siendo estas ambos molinos.

### 4.5.1 Análisis molino a martillos

A continuación, se lleva a cabo el análisis de la compensación del factor de potencia del molino a martillos. Para esto se determina el valor de potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia más desfavorable (0,66) a un factor de potencia considerado como óptimo, el mismo tiene un valor de 0,95.

En primer lugar se calcula la potencia reactiva que se tendrá con el factor de potencia corregido (0,95):

$$Q = \sqrt{3} * 380 [V] * 44 [A] * \text{sen}(\arccos(0,95)) = 9,04 [kVAr]$$

Luego de esto, se efectúa la resta entre el valor de la potencia reactiva sin corregir y el valor corregido, con el fin de obtener la magnitud de potencia necesaria para la compensación.

$$Q = 21,76 [kVAr] - 9,04 [kVAr] = 12,72 [kVAr]$$

Por lo tanto, para el factor de potencia más desfavorable del motor del molino a martillos (0,66), se requiere una compensación de 12,72 [kVAr] de potencia reactiva para obtener un factor de potencia corregido de 0,95.

### 4.5.2 Análisis molino a cuchillas

A continuación, se realiza un análisis de la compensación del factor de potencia del molino a cuchillas, de manera similar al caso anterior. Inicialmente se determina el valor de potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia más desfavorable (0,64) y obtener el factor de potencia considerado como óptimo (0,95).

A continuación se calcula la potencia reactiva que se tendrá con el factor de potencia corregido (0,95):

$$Q = \sqrt{3} * 380 [V] * 18,5 [A] * \text{sen}(\arccos(0,95)) = 3,80 [kVAr]$$

Luego de esto, se efectúa la resta entre el valor de la potencia reactiva sin corregir y el valor corregido, con el fin de obtener la magnitud de potencia necesaria para la compensación.

$$Q = 9,36 [kVAr] - 3,80 [kVAr] = 5,56 [kVAr]$$

Por lo tanto, para el factor de potencia más desfavorable del motor del molino a cuchillas (0,64), se requiere una compensación de 5,56 [kVAr] de potencia reactiva para obtener un factor de potencia corregido de 0,95.

### **4.5.3 Análisis del sistema de compensación**

La manera más efectiva y económica de llevar a cabo la compensación o corrección del factor de potencia, con el fin de disminuir la circulación de corrientes reactivas, es emplear capacitores en paralelo con la carga. Estos proveen una potencia reactiva capacitiva, capaz de absorber las potencias reactivas inductivas, haciendo disminuir el ángulo ( $\varphi$ ) entre la potencia activa y la potencia aparente, obteniendo por consiguiente un factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) cercano a 1.

Se puede llevar a cabo la compensación localizada e individual de los motores de los molinos, pero en este caso solo se haría la corrección del factor de potencia de ambas máquinas y no se efectuaría una correcta compensación en todo el sector. Debido a que el diseño del proceso productivo no demanda la operación total de los equipos en todo momento, la potencia reactiva no tiene un valor constante, por lo que, en consecuencia, la compensación debe ser variable.

Para realizar una corrección flexible, que se adapte a la carga, es necesario emplear un banco de capacitores automático. Dicho sistema

implica una inversión económica elevada, debido principalmente al dispositivo regulador el cual es el encargado de detectar las variaciones en la demanda de potencia reactiva.

Por los motivos expuestos anteriormente, se opta por realizar la corrección total del sector de molienda, utilizando dos capacitores en paralelo con la salida del seccionador general del tablero perteneciente al sector. Los mismos serán accionados por medio de contactores según la operación de los molinos, es decir, una vez encendido el equipo de molienda se conecta automáticamente el capacitor correspondiente mediante un contactor. Cabe aclarar que, al momento de la salida de servicio de la máquina respectiva, se produce la desconexión del condensador correspondiente. De esta manera se logra realizar una compensación flexible y adaptable según las distintas variaciones de la carga pertenecientes a los equipos del sector.

Siendo que los motores de los molinos poseen arranque del tipo estrella-triángulo, es necesario realizar la conexión de los capacitores una vez completado el arranque de los equipos. Por lo tanto, se hará uso de uno de los contactos auxiliares NA en ambos contactores empleados en la conexión triángulo, que son energizados al momento de finalizar el proceso de arranque. Este contacto auxiliar será conectado con la bobina del contactor específico de cada capacitor, por lo que al accionarse el contactor de la conexión triángulo de cada molino se accionará, en consecuencia, el contactor del condensador correspondiente.

Teniendo en consideración los valores de potencia reactiva de compensación obtenidos para los molinos (Sección 4.5.1 y 4.5.2), se decide emplear un capacitor de 10 [kVAr], comandado por la operación del molino a martillos, y un capacitor de 5 [kVAr], comandado por la operación del molino a cuchillas.

A continuación, se efectúa un análisis de las distintas posibilidades de operación de los equipos del sector, para realizar una verificación del correcto funcionamiento del sistema de corrección diseñado.

• **Situación 1:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva completa, teniendo en cuenta una carga de 50% en los molinos (factor de potencia más desfavorable).

Debido a que se encuentran en funcionamiento ambos molinos, los dos capacitores estarán conectados a la carga, aportando una potencia reactiva de compensación de 15 [kVAr].

Tabla 41. Potencia activa y reactiva para la situación 1 (molinos a 50% de carga)

<b>Situación 1: Ambos molinos operando a 50% de carga</b>				
<b>Equipo</b>		<b>cos <math>\varphi</math></b>	<b>Potencia activa [kW]</b>	<b>Potencia reactiva [kVAr]</b>
Sierra circular de banco		0,85	3,58	2,22
Cinta transportadora I		0,70	0,28	0,28
Molino a martillos		0,66	19,11	21,76
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,64	7,79	9,36
Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32

Iluminación LED (zona de producción)	0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)	0,50	0,11	0,19

Tabla 42. Valores totales sin y con compensación (molinos a 50% de carga)

Situación 1: Molinos con 50% de carga	Potencia activa total	Potencia reactiva total	cos $\varphi$
Sin compensación	34,19 [kW]	37,24 [kVAr]	0,68
Con compensación	45,40 [kW]	22,24 [kVAr]	0,90

El factor de potencia obtenido (0,90) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

- **Situación 2:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva completa, teniendo en cuenta una carga de 100% en los molinos (factor de potencia máximo).

Debido a que se encuentran en funcionamiento ambos molinos, los dos capacitores estarán conectados a la carga, aportando una potencia reactiva de compensación de 15 [kVAr].

Tabla 43. Potencia activa y reactiva para la situación 2 (molinos a 100% de carga)

<b>Situación 2: Ambos molinos operando a 100% de carga</b>				
<b>Equipo</b>		<b>cos <math>\phi</math></b>	<b>Potencia activa [kW]</b>	<b>Potencia reactiva [kVAr]</b>
Sierra circular de banco		0,85	3,58	2,22
Cinta transportadora I		0,70	0,28	0,28
Molino a martillos		0,84	24,33	15,71
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,82	9,98	6,97
Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32
Iluminación LED (zona de producción)		0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)		0,50	0,11	0,19

Tabla 44. Valores totales sin y con compensación (molinos a 100% de carga)

<b>Situación 2: Molinos con 100% de carga</b>	<b>Potencia activa total</b>	<b>Potencia reactiva total</b>	<b>cos <math>\phi</math></b>
Sin compensación	41,59 [kW]	28,81 [kVAr]	<b>0,82</b>
Con compensación	48,67 [kW]	13,81 [kVAr]	<b>0,96</b>

El factor de potencia obtenido (0,96) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

• **Situación 3:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva sin el funcionamiento de la sierra circular de banco, en el caso de que el proceso productivo inicie en la cinta transportadora I. Se tiene en cuenta una carga de 50% en los molinos (factor de potencia más desfavorable).

Debido a que se encuentran en funcionamiento ambos molinos, los dos capacitores estarán conectados a la carga, aportando una potencia reactiva de compensación de 15 [kVAr].

Tabla 45. Potencia activa y reactiva para la situación 3 (molinos a 50% de carga)

<b>Situación 3: Ambos molinos operando a 50% de carga</b>				
<b>Equipo</b>		<b>cos <math>\phi</math></b>	<b>Potencia activa [kW]</b>	<b>Potencia reactiva [kVAr]</b>
Cinta transportadora I		0,70	0,28	0,28
Molino a martillos		0,66	19,11	21,76
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,64	7,79	9,36
Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32
Iluminación LED (zona de producción)		0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)		0,50	0,11	0,19

Tabla 46. Valores totales sin y con compensación (molinos a 50% de carga)

Situación 3: Molinos con 50% de carga	Potencia activa total	Potencia reactiva total	cos $\varphi$
Sin compensación	30,61 [kW]	35,02 [kVAr]	0,66
Con compensación	41,98 [kW]	20,02 [kVAr]	0,90

El factor de potencia obtenido (0,90) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

• **Situación 4:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva sin el funcionamiento de la sierra circular de banco, en el caso de que el proceso productivo inicie en la cinta transportadora I. Se tiene en cuenta una carga de 100% en los molinos (factor de potencia máximo).

Debido a que se encuentran en funcionamiento ambos molinos, los dos capacitores estarán conectados a la carga, aportando una potencia reactiva de compensación de 15 [kVAr].

Tabla 47. Potencia activa y reactiva para la situación 4 (molinos a 100% de carga)

Situación 4: Ambos molinos operando a 100% de carga				
Equipo		cos $\varphi$	Potencia activa [kW]	Potencia reactiva [kVAr]
Cinta transportadora I		0,70	0,28	0,28
Molino a martillos		0,84	24,33	15,71
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,82	9,98	6,97

Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32
Iluminación LED (zona de producción)		0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)		0,50	0,11	0,19

Tabla 48. Valores totales sin y con compensación (molinos a 100% de carga)

Situación 4: Molinos con 100% de carga	Potencia activa total	Potencia reactiva total	cos $\varphi$
Sin compensación	38,01 [kW]	26,59 [kVAr]	0,82
Con compensación	44,92 [kW]	11,59 [kVAr]	0,97

El factor de potencia obtenido (0,97) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

• **Situación 5:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva sin el funcionamiento de la sierra circular de banco, la cinta transportadora I y el molino a martillos, en el caso de que el proceso productivo inicie en la cinta transportadora II. Se tiene en cuenta una carga de 50% en el molino a cuchillas (factor de potencia más desfavorable).

Debido a que se encuentra en funcionamiento únicamente el molino a cuchillas, solo estará conectado a la carga el capacitor de 5 [kVAr].

Tabla 49. Potencia activa y reactiva para la situación 5 (molino a cuchillas al 50%)

<b>Situación 5: Molino a cuchillas operando a 50% de carga</b>				
<b>Equipo</b>		<b>cos <math>\phi</math></b>	<b>Potencia activa [kW]</b>	<b>Potencia reactiva [kVAr]</b>
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,64	7,79	9,36
Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32
Iluminación LED (zona de producción)		0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)		0,50	0,11	0,19

Tabla 50. Valores totales sin y con compensación (molino a cuchillas al 50%)

<b>Situación 5: Molino a cuchillas al 50%</b>	<b>Potencia activa total</b>	<b>Potencia reactiva total</b>	<b>cos <math>\phi</math></b>
Sin compensación	11,22 [kW]	12,98 [kVAr]	<b>0,65</b>
Con compensación	15,19 [kW]	7,98 [kVAr]	<b>0,89</b>

El factor de potencia obtenido (0,89) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

• **Situación 6:**

En esta situación se analiza el factor de potencia resultante, luego de la corrección, considerando la operación de la línea productiva sin el funcionamiento de la sierra circular de banco, la cinta transportadora I y el

molino a martillos, en el caso de que el proceso productivo inicie en la cinta transportadora II. Se tiene en cuenta una carga de 100% en el molino a cuchillas (factor de potencia máximo).

Debido a que se encuentra en funcionamiento únicamente el molino a cuchillas, solo estará conectado a la carga el capacitor de 5 [kVAr].

Tabla 51. Potencia activa y reactiva para la situación 6 (molino a cuchillas al 100%)

<b>Situación 6: Molino a cuchillas operando a 100% de carga</b>				
<b>Equipo</b>		<b>cos <math>\phi</math></b>	<b>Potencia activa [kW]</b>	<b>Potencia reactiva [kVAr]</b>
Cinta transportadora II	Motor	0,70	0,28	0,28
	Bomba	0,85	0,41	0,25
Molino a cuchillas		0,82	9,98	6,97
Transportador de tornillo sin fin		0,74	1,02	0,93
Tanque de lavado	Palas rotativas	0,70	0,28	0,28
	Cangilones	0,70	0,28	0,28
Bomba (pileta de tratamiento)		0,80	0,42	0,32
Iluminación LED (zona de producción)		0,50	0,63	1,09
Iluminación LED (zona de almacenaje)		0,50	0,11	0,19

Tabla 52. Valores totales sin y con compensación (molino a cuchillas al 100%)

<b>Situación 6: Molino a cuchillas al 100%</b>	<b>Potencia activa total</b>	<b>Potencia reactiva total</b>	<b>cos <math>\phi</math></b>
Sin compensación	13,41 [kW]	10,59 [kVAr]	<b>0,78</b>
Con compensación	16,15 [kW]	5,59 [kVAr]	<b>0,94</b>

El factor de potencia obtenido (0,94) para la situación considerada verifica correctamente, siendo que supera el valor mínimo requerido de 0,88.

Es necesario aclarar que se pueden presentar distintas posibilidades en las que se encuentren operando un número reducido de equipos, con ambos molinos fuera de servicio. En dichas situaciones la potencia demanda sería muy reducida, por lo que no se justifica el análisis y la corrección del factor de potencia en esos casos.

#### **4.5.4 Selección del sistema de compensación**

A continuación, se seleccionan los componentes que conforman el sistema de compensación del factor de potencia. Como se mencionó anteriormente, el sistema estará constituido por dos capacitores que serán comandados por sus respectivos contactores.

##### **Capacitores:**

Se seleccionan dos capacitores trifásicos de la marca “WEG”, modelo “UCWT”, que poseen una tensión nominal de 400 [V]. Como se mencionó anteriormente, uno de ellos presenta una potencia reactiva de 5 [kVAr] y una corriente nominal de 7,2 [A] (Figura 287), y el restante dispone de una potencia reactiva de 10 [kVAr] y una intensidad nominal de 14,4 [A] (Figura 288).



## UNIDAD CAPACITIVA UCWT5V44 L10 ND

### Resumen de las características técnicas

Potencia reactiva	5.0 kVAr	Tipo del terminal	Tornillo
Tensión nominal Ue	400V c.a.50Hz	Serie	D
Frecuencia	50 Hz		

Figura 287. Capacitor de 5 [kVAr] (“WEG”)



## UNIDAD CAPACITIVA UCWT10V44 N20 ND

### Resumen de las características técnicas

Potencia reactiva	10.0 kVAr	Tipo del terminal	Tornillo
Tensión nominal Ue	400V c.a.50Hz	Serie	E
Frecuencia	50 Hz		

Figura 288. Capacitor de 10 [kVAr] (“WEG”)

### **Contactores:**

Previo a la selección de estos dispositivos, es necesario mencionar que durante el accionamiento de bancos de condensadores, la tensión asociada a una baja impedancia de la red puede provocar elevadas corrientes en los capacitores, denominadas corrientes de “inrush”. Esta corriente puede alcanzar valores de hasta cien veces la intensidad nominal, siendo una de las principales causas de la reducción de la vida útil de un condensador. Por lo tanto, es necesario seleccionar contactores especialmente diseñados para

maniobras de capacitores que sean capaces de resistir estas solicitaciones eléctricas. Estos contactores poseen resistores de precarga que limitan las corrientes de inrush cuando los condensadores son maniobrados.

Por lo mencionado en el párrafo anterior, se seleccionan dos contactores tripolares para maniobra de capacitores, modelo “CWBC” para maniobra de condensadores de 10 [kVAr] que posee una tensión de control de 24 [V] AC y contactos principales NA (Figura 289).



## CONTACTOR CWBC9-21-30D02

### Resumen de las características técnicas

Corriente nominal In - AC-3 (Ue ≤ 440 V)	9 A / (AC-6b - T = 55°C) 17 A	Tensión control	24V 50/60Hz
Referencia	CWBC	Tipo de terminal	Tornillo
Contacto principal	3 NA		

Figura 289. Contactor tripolar de para capacitor de 10 [kVAr] (“WEG”)

Es necesario remarcar que los contactores para maniobra de los condensadores, como se mencionó anteriormente, recibirán la señal de control desde los contactores de conexión triángulo de los molinos, empleando el contacto auxiliar NA que los mismos poseen. El contactor del capacitor de 5 [kVAr] será comandado por el contactor de línea del molino a cuchillas, mientras que el contactor perteneciente al capacitor de 10 [kVAr] recibirá la señal del contactor de línea del molino a martillos. De esta manera los capacitores serán vinculados y desvinculados a la carga en simultáneo con la operación de los molinos.

## 4.6 Complementos del tablero general

En este último apartado se exponen los elementos adicionales que complementan la composición del tablero general del sector de molienda.

### 4.6.1 Selección del gabinete

En primer lugar es necesario definir las dimensiones del gabinete que conforma el tablero. Para establecer dichas magnitudes se tuvo en cuenta la disposición óptima de los distintos dispositivos eléctricos, dentro de un espacio con cotas estandarizadas para tableros eléctricos. Luego de dicho análisis, se selecciona un gabinete metálico estanco de la marca “Genrod” (Figura 290), modelo “S9000”, con grado de protección IP55 y de dimensiones 1200x750x220 [mm].



*Figura 290. Gabinete metálico estanco (“Genrod”)*

Además, se debe mencionar que, para la conformación del tablero, se adicionarán al gabinete los respectivos accesorios necesarios para la correcta disposición de los dispositivos y conductores eléctricos dentro del mismo. Se puede destacar la utilización de barras o borneras de distribución, rieles DIN (para la sujeción de los distintos aparatos), canaletas portacables (para una disposición prolija del cableado), entre otros.

#### 4.6.2 Selección de los elementos de comando y señalización

Para llevar a cabo el arranque y parada de los equipos del sector, desde el tablero general, se dispondrá de elementos de comando en la puerta del gabinete con el fin de asegurar una cómoda operación de los mismos. Para esto se seleccionan mandos del tipo selector, que provee la marca “WEG”, en la línea “CSW”. Los mismos cuentan con dos posiciones (ON/OFF) y grado de protección IP66.



*Figura 291. Mando selector de dos posiciones (“WEG”)*

Conjuntamente, con los mandos selectores, se dispondrá de lámparas para la indicación de la posición de encendido de los mismos. Se seleccionan entonces lámparas pilotos de color verde de la marca “WEG”, de la misma línea de los selectores, con protección IP66, que señalarán el estado de operación de la máquina. De la misma manera, se utilizarán lámparas como indicadores del estado de cada fase, que serán ubicadas luego del seccionador y previo a la bornera principal, las cuales serán de color rojo.



*Figura 292. Lámparas piloto (“WEG”)*

Además, se incorpora un botón para parada de emergencia. El mismo estará conectado en serie con el conjunto de mandos selectores, permitiendo abrir el circuito y sacar de servicio la totalidad de las máquinas del sector en caso de que se requiera. Se selecciona un botón hongo con traba (girar para soltar), de la marca “WEG”, con grado de protección IP66, de color rojo.



*Figura 293. Boton hongo con traba para parada de emergencia (“WEG”)*

#### **4.6.3 Selección del transformador del circuito de control**

El circuito de control posee una tensión de 24 [Vca], debido a que la totalidad de los contactores seleccionados tienen ese valor de tensión de control. Por lo tanto, se requiere seleccionar un transformador de potencia de corriente alterna de 220 [V] a 24 [V].

Para llevar a cabo la correcta elección del transformador es necesario considerar el valor de potencia permanente y el valor de potencia máxima que el mismo deba proporcionar para el conjunto de contactores. Teniendo en cuenta la simultaneidad más desfavorable dentro del sector (todos los

equipos en funcionamiento), el transformador deberá suministrar la potencia demandada por la totalidad de los contactores del tablero general.

A continuación se presenta una tabla con los valores de potencia de mantenimiento (circuito eléctrico cerrado) y de llamada (circuito eléctrico cerrando), de los contactores anteriormente seleccionados (ver Sección 4.4). La potencia de mantenimiento es la necesaria para mantener el contactor accionado y, por lo tanto, el circuito eléctrico cerrado. Por otra parte, la potencia de llamada es la requerida para realizar el accionamiento del contactor, es decir, la potencia precisa para efectuar el proceso de cierre del circuito eléctrico.

*Tabla 53. Potencias de mantenimiento y llamada de los contactores*

<b>Contactador</b>	<b>Potencia de mantenimiento</b>	<b>Potencia de llamada</b>	<b>Cantidad utilizada</b>
WEG CWC07	3 [VA]	30 [VA]	8
WEG CWC012	3 [VA]	30 [VA]	2
WEG CWB18	9 [VA]	90 [VA]	1
WEG CWB25	9 [VA]	90 [VA]	2
WEG CWBC17	7,5 [VA]	75 [VA]	2

Para determinar la potencia necesaria del transformador se debe considerar la suma de la potencia de mantenimiento de todos los contactores (72 [VA]) más la potencia de llamada de mayor valor (90 [VA]). La potencia total obtenida es de 162 [VA].

Finalmente, se selecciona un transformador con una tensión de entrada de 220 [Vca] y una tensión de salida de 24 [Vca], con una potencia de 200 [VA].

El transformador será conectado desde la bornera principal del tablero, utilizando una fase y el neutro. Se utilizará un interruptor termomagnético

bipolar de 2 [A] para la protección del mismo, de la marca “WEG”, al igual que las demás protecciones seleccionadas.

#### 4.6.4 Selección de tomacorrientes

Se incorporarán al tablero, en el lateral del gabinete metálico, dos tomacorrientes con caja capsulada apto para exterior, uno del tipo monofásico (Figura 294), con una corriente máxima de 10 [A], y otro del tipo trifásico (Figura 295), con una corriente máxima de 16 [A]. Ambos tomacorrientes contarán con grado de protección IP44. De este modo, se brinda un punto de conexión para la situación en la que se requiera utilizar alguna herramienta eléctrica en el sector (por ejemplo: soldadora, amoladora, taladro, entre otros).



*Figura 294. Tomacorriente monofásico (1P+N+T)*



*Figura 295. Tomacorriente trifásico (3P+N)*

La alimentación de los tomacorrientes provendrá del interruptor diferencial general de 25 [A], con sensibilidad de 30 [mA]. Se utilizará un interruptor termomagnético bipolar de 10 [A] (para el tomacorriente monofásico) y un interruptor termomagnético tetrapolar de 16 [A] (para el tomacorriente trifásico), ambos de la marca “WEG”.

## 5 Cómputo de materiales

En el presente capítulo se lleva a cabo el cómputo total de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto. Los distintos elementos son clasificados en tablas según el tipo de máquina o instalación en específico. Cada ítem está acompañado por una descripción de aspectos fundamentales, detallando la cantidad necesaria y aclarando la marca y modelo del producto en los casos que se requiere conveniente.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 5.1 Cómputo: Sierra circular de banco
- 5.2 Cómputo: Cinta transportadora I
- 5.3 Cómputo: Cinta transportadora II
- 5.4 Cómputo: Tanque de lavado
- 5.5 Cómputo: Instalación eléctrica

### 5.1 Cómputo: Sierra circular de banco

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo las modificaciones en la sierra circular de banco.

*Tabla 54. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (estructura)*

<b>Sierra circular de banco - Materiales estructurales</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Chapa LAF (C18)	Espesor: 1,25 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (1/8")	Espesor: 3,2 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (1/4")	Espesor: 6,35 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Barra cuadrada SAE 1010	12,7x12,7 [mm]	2,5 [m]

Varilla de acero inoxidable	Diámetro: 8 [mm]	0,5 [m]
Perfil estructural cuadrado SAE 1010	Dimensiones: 10x10x1,2 [mm]	0,3 [m]
Soporte ángulo de acero	Dimensiones: 100x100x2 [mm]	5 [unid]
Riel y corredera de aluminio	Tipo canaleta en T - Largo: 1 [m]	4 [unid]
Polea plástica	Con ranura para cable Radio interno: 35 [mm] Radio externo: 70 [mm] Espesor: 10 [mm] Extensión: 140°	1 [unid]
Placa plástica	Dimensiones: 450x200x30 [mm]	1 [unid]
Placa plástica	Dimensiones: 1000x100x30 [mm]	1 [unid]

Tabla 55. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (tornillos y tuercas)

Sierra circular de banco - Tornillos y tuercas		
Ítem	Descripción	Cantidad
Tornillo	Cabeza avellanada allen Diámetro: 5 [mm] - Largo: 12 [mm]	16 [unid]
Tornillo	Cabeza avellanada allen Diámetro: 5 [mm] - Largo: 16 [mm]	17 [unid]
Tornillo	Cabeza avellanada allen Diámetro: 6 [mm] - Largo: 35 [mm]	12 [unid]
Tornillo tirafondos	Diámetro: 6 [mm] - Largo: 40 [mm]	5 [unid]
Tornillo mariposa	Diámetro: 6 [mm] - Largo: 25 [mm]	1 [unid]
Tuerca M6	Hexagonal	1 [unid]
Tuerca M5 (L 2,7)	Hexagonal - Largo: 2,7 [mm]	33 [unid]
Tuerca M6 (L 3,2)	Hexagonal - Largo: 3,2 [mm]	12 [unid]

Tabla 56. Cómputo de materiales de la sierra circular de banco (otros)

Sierra circular de banco - Otros		
Ítem	Descripción	Cantidad
Cable tipo "Bowden"	Cable de acero con funda protectora	1 [m]
Resorte de tracción (Protector)	Diámetro ext: 26 [mm] - Diámetro hilo: 1,6 [mm] Longitud total: 150 [mm] - Longitud máx: 640 [mm]	1 [unid]
Resorte de tracción (Pedal)	Diámetro ext: 16 [mm] - Diámetro hilo: 1,5 [mm] Longitud total: 85 [mm] - Longitud máx: 190 [mm]	1 [unid]
Puño de goma	Largo: 125 [mm] - Diámetro: 20 [mm]	1 [unid]
Seguro seeger	Diámetro: 65 [mm]	1 [unid]
Arandela seeger	Diámetro: 8 [mm]	6 [unid]
Esmalte sintético	Antioxido para superficies metálicas y exteriores Color: amarillo	0,1 [l]

## 5.2 Cómputo: Cinta transportadora I

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo la construcción de la cinta transportadora I.

Tabla 57. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (estructura)

Cinta transportadora I - Materiales estructurales		
Ítem	Descripción	Cantidad
Chapa LAF (C18)	Espesor: 1,25 [mm]	0,2 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (¼")	Espesor: 6,35 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Perfil U galvanizado	Dimensiones: 200x35x1,25 [mm]	10 [m]
Bloque plástico	Dimensiones: 200x100x70 [mm]	2 [unid]
Bloque plástico	Dimensiones: 100x27x20 [mm]	2 [unid]

Tabla 58. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (potencia y transm.)

Cinta transportadora I - Potencia y transmisión				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Motor trifásico	WEG	W22 IE2	0,25 [HP] - 4P 220/380 [V] - 50 [Hz] Brida C-DIN B14 - Con pies	1 [unid]
Caja reductora	STM	WMI 40	Relación: 50 - n1: 1400 [rpm] Brida C-DIN B14	1 [unid]
Piñón	-	-	Z18 - ASA 40	1 [unid]
Cadena industrial	-	-	ASA 40	82 [eslab]

Tabla 59. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (tornillos y tuercas)

Cinta transportadora I - Tornillos y tuercas		
Ítem	Descripción	Cantidad
Tornillo M6x30	Cabeza hexagonal Diámetro: 6 [mm] - Largo: 30 [mm]	10 [unid]
Tornillo M6x50	Cabeza hexagonal Diámetro: 6 [mm] - Largo: 50 [mm]	4 [unid]
Tornillo M8x70	Cabeza hexagonal Diámetro: 8 [mm] - Largo: 70 [mm]	4 [unid]
Tornillo autoperforante	Diámetro: 6,3 [mm] - Largo: 19 [mm]	22 [unid]
Tuerca M6	Hexagonal	14 [unid]
Tuerca M8	Hexagonal	4 [unid]

Tabla 60. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (pintura)

Cinta transportadora I - Pintura		
Ítem	Descripción	Cantidad
Esmalte epoxi	Para superficies metálicas y exteriores Color: verde	0,1 [l]
Esmalte sintético	Antioxido para superficies metálicas y exteriores Color: amarillo	0,1 [l]
Fondo sintético	Para acero galvanizado y exteriores Color: verde	1 [l]

Tabla 61. Cómputo de materiales de la cinta transportadora I (otros)

Cinta transportadora I - Otros				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Banda transportadora	Siegling Transilon	E 5/2 0/V4 GSTR	Ancho: 450 [mm] Con 20 perfiles T60	10,3 [m]

### 5.3 Cómputo: Cinta transportadora II

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo la construcción de la cinta transportadora II.

Tabla 62. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (estructura)

Cinta transportadora II - Materiales estructurales		
Ítem	Descripción	Cantidad
Chapa LAF (C18)	Espesor: 1,25 [mm]	4,3 [m <sup>2</sup> ]
Chapa galvanizada (C20)	Espesor: 0,9 [mm]	4,6 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (1/8")	Espesor: 3,2 [mm]	0,2 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (1/4")	Espesor: 6,35 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Barra cuadrada SAE 1010	Dimensiones: 38,1x38,1 [mm]	1,5 [m]
Perfil estructural cuadrado	Dimensiones: 10x10x1,2 [mm]	5,5 [m]
Perfil estructural cuadrado	Dimensiones: 30x30x2 [mm]	2 [m]
Perfil estructural cuadrado	Dimensiones: 40x40x2 [mm]	3 [m]
Perfil estructural cuadrado	Dimensiones: 50x50x3,2 [mm]	11,5 [m]
Perfil C LAC	Dimensiones: 120x50x15x3,2 [mm]	6 [m]
Perfil U galvanizado	Dimensiones: 100x35x0,9 [mm]	6 [m]
Perfil ángulo LAC	Alas iguales: 38,1 [mm] - Espesor: 1/8 [in]	0,5 [m]
Listón plástico	Dimensiones: 460x60x30 [mm]	5 [unid]
Listón plástico	Dimensiones: 2700x35x20 [mm]	4 [unid]

Tabla 63. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (potencia y transm.)

Cinta transportadora II - Potencia y transmisión				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Motor trifásico	WEG	W22 IE2	0,25 [HP] - 4P 220/380 [V] - 50 [Hz] Brida C-DIN B14 - Sin pies	1 [unid]
Caja reductora	STM	WMI 50	Relación: 100 - n1: 1400 [rpm] Brida C-DIN B14	1 [unid]
Conjunto de soporte y rodamiento de inserción	SKF	F4BSS 25M-YTPSS	Soporte: F4BSS 505-Y Rodam: YAR 205-2LPW/SS	4 [unid]

Tabla 64. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (sist. de aspersión)

Cinta transportadora II - Sistema de aspersión				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Boquilla de aspersión	Spraying Systems	H-DT	Ángulo de aspersión: 110° Conexión de entrada: 1/4 [in] H Diámetro del orificio: 0,89 [mm] Capacidad: 3 [l/min]	4 [unid]
Caño de termofusión	Polimex	Azul fusión	Diámetro interno: ½ [in]	1,2 [m]
Codo a 90° termofusión	Polimex	Azul fusión	Diámetro interno: ½ [in] H	2 [unid]
Te termofusión	Polimex	Azul fusión	Diámetro interno: ½ [in] H	3 [unid]
Reducción	RM	-	De ½ [in] M a ¼ [in] M	4 [unid]
Niple para manguera	Polimex	Riego	Diámetro interno: ½ [in] M	1 [unid]
Niple para manguera	Polimex	Riego	Con reducción De 1 [in] a ½ [in] M	1 [unid]
Manguera	PRP	-	Diámetro interno: ½ [in]	1,5 [m]
Bomba	Pluvius	QB60	1/2 [HP] - 2P - 220 [V] - 50 [Hz] Altura: 28 [m] - Caudal: 33 [l/min]	1 [unid]
Filtro	Spraying Systems	122-PP	Tipo T - Con malla de 50 [µm] Conexiones de ¾ [in]	1 [unid]

Tabla 65. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (tornillos y tuercas)

Cinta transportadora II - Tornillos y tuercas		
Ítem	Descripción	Cantidad
Tornillo M5x25	Cabeza hexagonal Diámetro: 5 [mm] - Largo: 25 [mm]	18 [unid]
Tornillo M5x60	Cabeza hexagonal Diámetro: 5 [mm] - Largo: 60 [mm]	8 [unid]
Tornillo M6x30	Cabeza hexagonal Diámetro: 6 [mm] - Largo: 30 [mm]	14 [unid]
Tornillo M8x30	Cabeza hexagonal Diámetro: 8 [mm] - Largo: 30 [mm]	24 [unid]
Tornillo M8x60	Cabeza hexagonal Diámetro: 8 [mm] - Largo: 60 [mm]	8 [unid]
Tornillo M10x40	Cabeza hexagonal Diámetro: 10 [mm] - Largo: 40 [mm]	8 [unid]
Tornillo M12x120	Cabeza hexagonal Diámetro: 12 [mm] - Largo: 120 [mm]	2 [unid]
Tornillo	Cabeza plana y lisa Diámetro: 8 [mm] - Largo: 50 [mm]	8 [unid]
Tornillo	Cabeza Phillips Diámetro: 3 [mm] - Largo: 6 [mm]	4 [unid]
Tornillo	Cabeza Phillips Diámetro: 5 [mm] - Largo: 8 [mm]	2 [unid]
Tornillo tirafondos	Cabeza avellanada Phillips Diámetro: 8 [mm] - Largo: 40 [mm]	20 [unid]
Tuerca M5	Hexagonal	26 [unid]
Tuerca M6	Hexagonal	14 [unid]
Tuerca M8	Hexagonal	40 [unid]
Tuerca M10	Hexagonal	8 [unid]
Tuerca M12	Hexagonal	2 [unid]
Tuerca M5 (L 2,7)	Hexagonal - Largo: 2,7 [mm]	2 [unid]

Tabla 66. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (pintura)

Cinta transportadora II - Pintura		
Ítem	Descripción	Cantidad
Esmalte epoxi	Para superficies metálicas y exteriores - Color: verde	1,5 [l]
Fondo sintético	Para acero galvanizado y exteriores - Color: verde	1 [l]

Tabla 67. Cómputo de materiales de la cinta transportadora II (otros)

Cinta transportadora II - Otros				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Banda modular	Siegling Prolink	S1-18 FLT	Ancho: 450 [mm] Con 15 perfiles PMC	6 [m]
Piñón	Siegling Prolink	S1 SPR	Z8 - Paso 50 [mm] Orificio cuadrado 1,5 [in]	6 [unid]
Inserto caño cuadrado	-	-	Dimensiones: 50x50 [mm] Para pared de 3,2 [mm] Con buje roscado M16	8 [unid]
Pata niveladora roscada	-	-	Rosca M16x100 Con regulación	6 [unid]
Rueda industrial	-	-	Con freno, soporte giratorio y tornillo M16	2 [unid]
Abrazadera omega	-	-	Diámetro: ¾ [in]	2 [unid]
Tira de PVC	-	-	Dimensiones: 450x100x1,5 [mm]	1 [unid]

## 5.4 Cómputo: Tanque de lavado

### 5.4.1 Tanque de lavado: Palas rotativas

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo la construcción del sistema de palas rotativas en el tanque de lavado.

Tabla 68. Cómputo de materiales de las palas rotativas (estructura)

Palas rotativas - Materiales estructurales		
Ítem	Descripción	Cantidad
Chapa LAF (C20)	Espesor: 0,9 [mm]	0,5 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAF (C16)	Espesor: 1,6 [mm]	0,8 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAF (C14)	Espesor: 2 [mm]	1,5 [m <sup>2</sup> ]
Chapa LAC (¼")	Espesor: 6,35 [mm]	0,1 [m <sup>2</sup> ]
Chapa perforada LAF (C16)	Espesor: 1,6 [mm] Perforaciones: Ø 3 [mm] Entre centros: 8 [mm]	1,5 [m <sup>2</sup> ]
Barra redonda SAE 1010	Diámetro: 20 [mm]	3 [m]
Bloque plástico	Dimensiones: 120x120x27 [mm]	1 [unid]

Tabla 69. Cómputo de materiales de las palas rotativas (potencia y transm.)

Palas rotativas - Potencia y transmisión				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Motor trifásico	WEG	W22 IE2	0,25 [HP] - 4P 220/380 [V] - 50 [Hz] Brida C-DIN B14 - Con pies	1 [unid]
Caja reductora	STM	WMI 50	Relación: 100 - n1: 1400 [rpm] Brida C-DIN B14	1 [unid]
Piñón simple	-	-	Z19 - ASA 40	1 [unid]
Piñón simple	-	-	Z26 - ASA 40	1 [unid]
Piñón doble	-	-	Z26 - ASA 40	2 [unid]
Cadena industrial	-	-	ASA 40	386 [eslab]
Conjunto de soporte y rodamiento de inserción	SKF	P2BSS 20M-YTPSS	Soporte: P2BSS 504-Y Rodamiento: YAR 204-2LPW/SS	6 [unid]

Tabla 70. Cómputo de materiales de las palas rotativas (nivel de agua)

Palas rotativas - Nivel de agua				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Flotante compacto de nivel	Precons	-	Conexión: ¾ [in]	1 [unid]
Codo a 90°	Polimex	Roscado	Diámetro interno: ¾ [in]	1 [unid]
Válvula llave de paso	Duke	-	Diámetro interno: ¾ [in]	1 [unid]
Niple para manguera	Polimex	Riego	Diámetro interno: ¾ [in]	1 [unid]
Caño de PVC	Tuboforte	-	Diámetro: 100 [mm]	2,5 [m]
Codo a 90° de PVC	Tuboforte	-	Diámetro: 100 [mm]	2 [unid]

Tabla 71. Cómputo de materiales de las palas rotativas (tornillos y tuercas)

Palas rotativas - Tornillos y tuercas		
Ítem	Descripción	Cantidad
Tornillo M6x30	Cabeza hexagonal Diámetro: 6 [mm] - Largo: 30 [mm]	9 [unid]
Tornillo M6x50	Cabeza hexagonal Diámetro: 6 [mm] - Largo: 50 [mm]	4 [unid]
Tornillo M10x40	Cabeza hexagonal Diámetro: 10 [mm] - Largo: 40 [mm]	12 [unid]
Tuerca M6	Hexagonal	13 [unid]
Tuerca M10	Hexagonal	12 [unid]

#### 5.4.2 Tanque de lavado: Transportador a cangilones

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo la construcción del transportador a cangilones.

Tabla 72. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (estructura)

Transportador a cangilones - Materiales estructurales		
Ítem	Descripción	Cantidad
Chapa LAC (1/8")	Espesor: 3,2 [mm]	2,7 [m <sup>2</sup> ]
Chapa perforada LAF (C16)	Espesor: 1,6 [mm] Perforaciones: Ø 3 [mm] Entre centros: 8 [mm]	2 [m <sup>2</sup> ]
Barra redonda SAE 1010	Diámetro: 25 [mm]	2 [m]
Perfil estructural cuadrado SAE 1010	Dimensiones: 30x30x2 [mm]	1,5 [m]
Perfil estructural cuadrado SAE 1010	Dimensiones: 40x40x2 [mm]	2 [m]
Perfil estructural cuadrado SAE 1010	Dimensiones: 60x60x2 [mm]	9 [m]
Perfil ángulo LAC	Alas iguales: 25,4 [mm] Espesor: 1/8 [in]	2,5 [m]

Tabla 73. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (potencia y transm.)

Transportador a cangilones - Potencia y transmisión				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Motor trifásico	WEG	W22 IE2	0,25 [HP] - 4P 220/380 [V] - 50 [Hz] Brida C-DIN B14 - Sin pies	1 [unid]
Caja reductora	STM	WMI 50	Relación: 100 n1: 1400 [rpm] Brida C-DIN B14	1 [unid]
Piñón	-	-	Z22 - ASA 40	4 [unid]
Cadena industrial	-	-	ASA 40 - Con aditamentos	560 [eslab]
Conjunto de soporte y rodamiento de inserción	SKF	F2BSS 25M-YTPSS	Soporte: F2BSS 505-Y Rodam: YAR 205-2LPW/SS	4 [unid]

Tabla 74. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (tornillos y tuercas)

Transportador a cangilones - Tornillos y tuercas		
Ítem	Descripción	Cantidad
Tornillo M4x10	Cabeza phillips Diámetro: 4 [mm] - Largo: 10 [mm]	56 [unid]
Tornillo M8x30	Cabeza hexagonal Diámetro: 8 [mm] - Largo: 30 [mm]	6 [unid]
Tornillo M8x50	Cabeza hexagonal Diámetro: 8 [mm] - Largo: 50 [mm]	4 [unid]
Tornillo M12x40	Cabeza hexagonal Diámetro: 12 [mm] - Largo: 40 [mm]	8 [unid]
Tuerca M4	Hexagonal	56 [unid]
Tuerca M8	Hexagonal	10 [unid]
Tuerca M12	Hexagonal	8 [unid]

Tabla 75. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (pintura)

Transportador a cangilones - Pintura		
Ítem	Descripción	Cantidad
Esmalte epoxi	Para superficies metálicas y exteriores Color: verde	6 [l]
Esmalte sintético	Antioxido para superficies metálicas Color: amarillo	0,25 [l]

Tabla 76. Cómputo de materiales del transportador a cangilones (otros)

Transportador a cangilones - Otros		
Ítem	Descripción	Cantidad
Cuerda elástica	Con ganchos	4 [unid]

## 5.5 Cómputo: Instalación eléctrica

A continuación se detallan los materiales necesarios para llevar a cabo, de manera íntegra, la instalación eléctrica del sector de molienda. Los mismos se encuentran clasificados en distintas tablas según su aplicación.

Tabla 77. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (iluminación)

Instalación eléctrica - Iluminación				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Lámpara LED	Philips	TrueForce Core industrial	4000 [lm] - 40 [W] 220 [V] - 50 [Hz]	9 [unid]
Tubo LED	Philips	Ecofit T8	1600 [lm] - 16 [W] 220 [V] - 50 [Hz] Largo: 1200 [mm]	8 [unid]
Luminaria colgante	-	-	De campana tipo industrial	9 [unid]
Plafon estanco	-	-	Para dos tubos LED de 1200 [mm]	4 [unid]

Tabla 78. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (conductores)

Instalación eléctrica - Conductores				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Conductor 2x1,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Bipolar (fase + neutro) Colores: marrón y celeste	24 [m]
Conductor 3x1,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Tripolar (3 fases) Colores: marrón, negro y rojo	51 [m]
Conductor 3x2,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Tripolar (3 fases) Colores: marrón, negro y rojo	7 [m]
Conductor 3x10 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Tripolar (3 fases) Colores: marrón, negro y rojo	4 [m]

Conductor 4x16 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Tetrapolar (3 fases + neutro) Colores: marrón, negro, rojo y celeste	50 [m]
--------------------------------------	------	------------------------	---	--------

Tabla 79. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (puesta a tierra)

Instalación eléctrica - Puesta a tierra				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Conductor 1x2,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Monopolar Color: verde/amarillo	82 [m]
Conductor 1x16 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	Payton PVC 1,1 [kV]	De cobre Monopolar Color: verde/amarillo	5 [m]
Electrodo (jabalina)	Genrod	-	Núcleo de acero revestido de cobre Diámetro: $\frac{3}{8}$ [in] Largo: 1 [m]	1 [unid]
Tomacable	Genrod	-	Para jabalina de $\frac{3}{8}$ [in]	1 [unid]
Caja de inspección	Genrod	-	Dimensiones: 150x150 [mm]	1 [unid]

Tabla 80. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (protecciones)

Instalación eléctrica - Protecciones				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Seccionador bajo carga	WEG	FSW	Tripolar Corriente nominal: 100 [A] Para fusibles NH000	1 [unid]
Fusible NH000	WEG	NH	Corriente nominal: 100 [A]	3 [unid]
Interruptor diferencial	WEG	RDWS	Tetrapolar Corriente nominal: 63 [A] Sensibilidad: 300 [mA]	1 [unid]
Interruptor diferencial	WEG	RDWS	Tetrapolar Corriente nominal: 25 [A] Sensibilidad: 30 [mA]	1 [unid]
Interruptor	WEG	MDW	Bipolar	2 [unid]

termomagnético			Corriente nominal: 2 [A] Curva de disparo: C	
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Tripolar Corriente nominal: 2 [A] Curva de disparo: C	4 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Bipolar Corriente nominal: 4 [A] Curva de disparo: C	2 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Tripolar Corriente nominal: 4 [A] Curva de disparo: C	1 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Tetrapolar Corriente nominal: 6 [A] Curva de disparo: C	1 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Bipolar Corriente nominal: 10 [A] Curva de disparo: C	1 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Tripolar Corriente nominal: 10 [A] Curva de disparo: C	1 [unid]
Interruptor termomagnético	WEG	MDW	Tetrapolar Corriente nominal: 16 [A] Curva de disparo: C	1 [unid]
Guardamotor	WEG	MPW	Tripolar Rango de corriente: 16-20 [A] Corriente nominal máx: 40 [A]	1 [unid]
Guardamotor	WEG	MPW	Tripolar Rango de corriente: 40-50 [A] Corriente nominal máx: 65 [A]	1 [unid]
Relé de sobrecarga	WEG	RW27	Tripolar Rango de corriente: 8-12,5 [A]	1 [unid]
Relé de sobrecarga	WEG	RW27	Tripolar Rango de corriente: 22-32 [A]	1 [unid]

Tabla 81. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (comando)

Instalación eléctrica - Comando				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Contactador	WEG	CWC0	Tripolar Corriente nominal: 7 [A] Tensión de control: 24 [V] AC Contactos principales: NA	8 [unidad]
Contactador	WEG	CWC0	Tripolar Corriente nominal: 12 [A] Tensión de control: 24 [V] AC Contactos principales: NA	2 [unidad]
Contactador	WEG	CWB	Tripolar Corriente nominal: 18 [A] Tensión de control: 24 [V] AC Contactos principales: NA	1 [unidad]
Contactador	WEG	CWB	Tripolar Corriente nominal: 25 [A] Tensión de control: 24 [V] AC Contactos principales: NA	2 [unidad]
Relé temporizador	WEG	RTW17	Rango de temporización: 3-30 [s] Tensión de control: 24 [V] AC	2 [unidad]

Tabla 82. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (compensación del FP)

Instalación eléctrica - Compensación del factor de potencia				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Capacitor	WEG	UCWT	Tripolar Potencia reactiva: 5 [kVAr] 400 [V] - 50 [Hz]	1 [unidad]
Capacitor	WEG	UCWT	Tripolar Potencia reactiva: 10 [kVAr] 400 [V] - 50 [Hz]	1 [unidad]
Contactador	WEG	CWBC	Tripolar Para capacitor de 10 [kVAr] Tensión de control: 24 [V] AC Contactos principales: NA	2 [unidad]

Tabla 83. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (tablero y accesorios)

Instalación eléctrica - Tablero y accesorios				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Cantidad
Tablero	Genrod	S9000	Gabinete estanco IP55 Dimensiones: 1200x750x225 [mm]	1 [unid]
Riel DIN	Zoloda	-	Soporte perforado simétrico Ancho: 35 [mm]	3 [m]
Cablecanal ranurado	Zoloda	-	Dimensiones: 40x40 [mm]	3 [m]
Cablecanal ranurado	Zoloda	-	Dimensiones: 80x80 [mm]	4 [m]
Bornera distribuidora	Zoloda	-	Tetrapolar - 125 [A] Cantidad de conexiones: 7	2 [unid]
Bornera distribuidora	Zoloda	-	Tetrapolar - 125 [A] Cantidad de conexiones: 11	1 [unid]
Bornera distribuidora	Zoloda	-	Unipolar - 125 [A] Cantidad de conexiones: 7	2 [unid]
Transformador de potencia	Ind.	-	Tensión de entrada: 220 [Vca] Tensión de salida: 24 [Vca] Potencia: 200 [VA]	1 [unid]
Mando selector	WEG	CSW	De 2 posiciones - No iluminados Perilla larga - Ø 22 [mm] - IP66	11 [unid]
Boton hongo para parada de emergencia	WEG	CSW	Con traba (girar para soltar) Color: rojo - IP66	1 [unid]
Lámpara piloto	WEG	CSW	Color: verde Ø 22 [mm] - IP66	9 [unid]
Lámpara piloto	WEG	CSW	Color: rojo Ø 22 [mm] - IP66	3 [unid]
Tomacorriente industrial	Sica	-	Con caja capsulada 1P+N+T - 250 [V] - 10 [A] - IP44	1 [unid]
Tomacorriente industrial	Sica	-	Con caja capsulada 3P+T - 400 [V] - 16 [A] - IP44	1 [unid]

Tabla 84. Cómputo de materiales de la instalación eléctrica (bandejas portacables)

<b>Instalación eléctrica - Bandejas portacables</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Tramo recto	Perforada - Espesor: 0,7 [mm] - Ancho: 200 [mm]	9 [m]
Tramo recto	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 50 [mm]	15 [m]
Reducción	Perforada - Espesor 0,7 [mm] Reducción: 200 [mm] a 50 [mm]	2 [unid]
Curva plana a 90°	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 50 [mm]	1 [unid]
Curva articulada vertical	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 50 [mm]	1 [unid]
Curva articulada vertical	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 200 [mm]	1 [unid]
Unión te	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 50 [mm]	2 [unid]
Unión te	Perforada - Espesor 0,7 [mm] - Ancho: 200 [mm]	1 [unid]
Unión tramo recto	Espesor 0,7 [mm]	4 [unid]
Grampa de suspensión	Soporte tipo G - Para bandeja de 50 [mm]	8 [unid]
Grampa de suspensión	Soporte tipo G - Para bandeja de 200 [mm]	4 [unid]
Varilla roscada	Para suspensión de bandeja - Longitud: 1 [m]	6 [unid]

## 6 Presupuestos

En el presente capítulo se elaboran los presupuestos correspondientes al cómputo de materiales llevado a cabo en el capítulo anterior. Los distintos ítems se organizan por tablas, con sus respectivos costos, según semejanza. Esto se realiza con el fin de poder llevar a cabo la elaboración de presupuestos en locales específicos según el rubro de aplicación, priorizando comercios del medio local, dentro de la ciudad de Paraná. Además, se tiene en cuenta la suma total de los materiales iguales, lo que implica una reducción de costos por cantidad.

También, se elaboran los presupuestos relacionados con la obra civil debido a la construcción del cerramiento, la mano de obra necesaria para la fabricación y modificación de las distintas máquinas proyectadas y la mano de obra relacionada con la instalación eléctrica.

Se debe aclarar que todos los costos están expresados en pesos argentinos, considerando valores finales con IVA incluido.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 6.1 Presupuesto: Materiales estructurales
- 6.2 Presupuesto: Potencia y transmisión
- 6.3 Presupuesto: Conducción de agua
- 6.4 Presupuesto: Tornillos y tuercas
- 6.5 Presupuesto: Pintura
- 6.6 Presupuesto: Varios
- 6.7 Presupuesto: Instalación eléctrica
- 6.8 Presupuesto: Obra civil
- 6.9 Presupuesto: Mano de obra máquinas
- 6.10 Presupuesto: Total

## 6.1 Presupuesto: Materiales estructurales

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los materiales destinados a las fabricaciones metálicas de las distintas máquinas. Se solicitó presupuesto en el medio local en la metalúrgica “Pasgal S.A.”. La cotización realizada se puede consultar en el Anexo B-4.

A continuación se presentan los precios de los distintos tipos de chapas empleados (Tabla 85). Para determinar la cantidad requerida se tuvo en cuenta la suma total de las superficies necesarias, seleccionando valores comerciales que se adecuen correctamente. El precio unitario corresponde al metro cuadrado de chapa.

Tabla 85. Presupuesto materiales estructurales (chapas)

Chapas				
Ítem	Máquina	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Chapa LAF C20	Tanque de lavado	\$ 2.169,61	1 [m <sup>2</sup> ]	\$ 2.169,61
Chapa LAF C18	Sierra circular de banco Cinta transportadora I Cinta transportadora II	\$ 2.983,51	5 [m <sup>2</sup> ]	\$ 14.169,61
Chapa LAF C16	Tanque de lavado	\$ 3.938,23	1 [m <sup>2</sup> ]	\$ 3.938,23
Chapa LAF C14	Tanque de lavado	\$ 4.344,56	2 [m <sup>2</sup> ]	\$ 8.689,11
Chapa LAC 1/8"	Sierra circular de banco Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 6.288,94	3 [m <sup>2</sup> ]	\$ 18.866,84
Chapa LAC 1/4"	Sierra circular de banco Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 12.577,89	1 [m <sup>2</sup> ]	\$ 12.577,89
Chapa galvanizada C20	Cinta transportadora II	\$ 2.681,95	5 [m <sup>2</sup> ]	\$ 13.409,77

Chapa perforada LAF C16	Tanque de lavado	\$ 9.175,00	4 [m <sup>2</sup> ]	\$ 36.700,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 110.521,06</b>

A continuación se presentan los precios de los distintos tipos de barras y varillas (Tabla 86). Para determinar la cantidad requerida se tuvo en cuenta la suma total de las longitudes necesarias, seleccionando valores comerciales que se adecuen correctamente. El precio unitario corresponde al metro lineal.

Tabla 86. Presupuesto materiales estructurales (barras y varillas)

<b>Barras y varillas</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Máquina</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Barra cuadrada SAE 1010 ½"x½"	Sierra circular de banco	\$ 298,08	3 [m]	\$ 894,24
Barra cuadrada SAE 1010 1½"x1½"	Cinta transportadora II	\$ 2.918,19	2 [m]	\$ 5.836,38
Barra redonda SAE 1010 Ø20 [mm]	Tanque de lavado	\$ 631,10	3 [m]	\$ 1.893,30
Barra redonda SAE 1010 Ø25 [mm]	Tanque de lavado	\$ 957,46	2 [m]	\$ 1.914,92
Varilla de acero inoxidable Ø8 [mm]	Sierra circular de banco	\$ 782,00	1 [m]	\$ 782,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.320,84</b>

A continuación se presentan los precios de los distintos tipos de perfiles empleados (Tabla 87). Para determinar la cantidad requerida se tuvo en cuenta la suma total de las longitudes necesarias, seleccionando valores

comerciales que se adecuen correctamente. El precio unitario corresponde al metro lineal.

Tabla 87. Presupuesto materiales estructurales (perfiles)

Perfiles				
Ítem	Máquina	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Perfil estructural cuadrado SAE 1010 10x10x1,2 [mm]	Sierra circular de banco Cinta transportadora II	\$ 133,45	6 [m]	\$ 800,71
Perfil estructural cuadrado SAE 1010 30x30x2 [mm]	Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 530,37	4 [m]	\$ 2.121,48
Perfil estructural cuadrado SAE 1010 40x40x2 [mm]	Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 716,74	5 [m]	\$ 3.583,70
Perfil estructural cuadrado SAE 1010 50x50x3,2 [mm]	Cinta transportadora II	\$ 1.594,01	12 [m]	\$ 19.128,12
Perfil estructural cuadrado SAE 1010 60x60x2 [mm]	Tanque de lavado	\$ 1.088,49	9 [m]	\$ 9.794,41
Perfil C LAC 120x50x15x3,2 [mm]	Cinta transportadora II	\$ 1.339,50	6 [m]	\$ 8.037,00
Perfil ángulo LAC 1"x1"x1/8"	Cinta transportadora II	\$ 269,45	3 [m]	\$ 808,35
Perfil U galvanizado 200x35x1,25 [mm]	Cinta transportadora I Cinta transportadora II	\$ 1.226,22	16 [m]	\$ 19.619,52
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 63.893,29</b>

Por último se presentan los precios de otros elementos empleados en las fabricaciones estructurales en metal (Tabla 88).

Tabla 88. Presupuesto materiales estructurales (otros)

Otros				
Ítem	Máquina	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Soporte ángulo de acero 100x100x2 [mm]	Sierra circular de banco	\$ 99,55	5 [unid]	\$ 497,77
Riel y corredera de aluminio Tipo T 1 [m]	Sierra circular de banco	\$ 2.350,00	4 [unid]	\$ 9.400,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.897,77</b>

Finalmente, se presenta la suma total de los costos de los diferentes materiales estructurales empleados en el proyecto.

Tabla 89. Presupuesto materiales estructurales (total)

Clasificación	Precio
Chapas	\$ 110.521,06
Barras y varillas	\$ 11.320,84
Perfiles	\$ 63.893,29
Otros	\$ 9.897,77
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 195.632,96</b>

## 6.2 Presupuesto: Potencia y transmisión

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los equipos motrices y los elementos utilizados en la transmisión del movimiento, así también como los conjuntos de rodamientos. Se solicitó presupuesto en el medio local en la empresa “Noro & Raffaelli S.A.”, para el costo de los motores, y en las empresas “Rodacom” y “Valentinuz Hnos. S.A.”, para el costo de los demás ítems.

Tabla 90. Presupuesto potencia y transmisión

Potencia y transmisión					
Ítem	Marca	Máquina	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Motor trifásico ¼ [HP] 4P	WEG	Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 13.833,00	4 [unid]	\$ 55.332,00
Caja reductora WMI 40 50:1	STM	Cinta transportadora I	\$ 11.577,00	1 [unid]	\$ 11.577,00
Caja reductora WMI 50 100:1	STM	Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 16.610,00	3 [unid]	\$ 49.830,00
Piñón simple Z18 ASA 40	-	Cinta transportadora I	\$ 1.415,70	1 [unid]	\$ 1.415,70
Piñón simple Z19 ASA 40	-	Tanque de lavado	\$ 1.436,27	1 [unid]	\$ 1.436,27
Piñón simple Z22 ASA 40	-	Tanque de lavado	\$ 1.570,06	4 [unid]	\$ 6.280,25
Piñón simple Z26 ASA 40	-	Tanque de lavado	\$ 1.748,45	1 [unid]	\$ 1.748,45
Piñón doble Z26 ASA 40	-	Tanque de lavado	\$ 1.838,59	2 [unid]	\$ 3.677,19
Cadena industrial ASA 40	-	Cinta transportadora I Tanque de lavado	\$ 5.139,30	468 [eslab]	\$ 5.139,30
Cadena industrial ASA 40 (con aditamentos)	-	Tanque de lavado	\$ 18.695,41	560 [eslab]	\$ 18.695,41
Soporte: F4BSS 505-Y Rodam: YAR 205-2LPW/SS	SKF	Cinta transportadora II	\$ 3.327,50	4 [unid]	\$ 13.310,00
Soporte:	SKF	Tanque de	\$ 3.212,55	6 [unid]	\$ 19.275,30

P2BSS 504-Y Rodam: YAR 204-2LPW/SS		lavado			
Soporte: F2BSS 505-Y Rodam: YAR 205-2LPW/SS	SKF	Tanque de lavado	\$ 2.117,50	4 [unid]	\$ 8.470,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 196.186,87</b>

### 6.3 Presupuesto: Conducción de agua

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los materiales y elementos empleados en la conducción de agua. Se consultó precios en el medio local en el comercio “Plastilux”. Para los productos específicos que no se comercializan en la ciudad de Paraná, se consultó la plataforma electrónica de “Mercado Libre”.

A continuación se presentan los precios de los materiales empleados en la conducción de agua en la cinta transportadora II (Tabla 91).

Tabla 91. Presupuesto conducción de agua (cinta transportadora II)

Conducción de agua - Cinta transportadora II				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Bomba periférica ½ [HP] 28 [m]	Pluvius	\$ 4.870,50	1 [unid]	\$ 4.870,50
Boquilla de aspersion H-DT 110° H	Spraying Systems	\$ 618,00	4 [unid]	\$ 2.472,00
Caño de termofusión Ø ½”	Polimex	\$ 831,00	4 [m]	\$ 831,00
Codo a 90° termofusión Ø ½” H	Polimex	\$ 191,00	2 [unid]	\$ 382,00
Te termofusión Ø ½” H	Polimex	\$ 363,95	3 [unid]	\$ 1.091,85

Reducción Ø ½" M a Ø ¼" M	RM	\$ 320,00	4 [unid]	\$ 1.280,00
Niple para manguera Ø ½" M	Polimex	\$ 100,00	1 [unid]	\$ 100,00
Niple con reducción para manguera Ø 1" a Ø ½" M	Polimex	\$ 149,27	1 [unid]	\$ 149,27
Manguera Ø ½"	PRP	\$ 38	2 [m]	\$ 76,00
Filtro 50 [µm] Ø ¾"	Spraying Systems	\$ 11.400,00	1 [unid]	\$ 11.400,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 22.652,35</b>

A continuación se presentan los precios de los materiales empleados en la conducción de agua en el tanque de lavado (Tabla 92).

Tabla 92. Presupuesto conducción de agua (tanque de lavado)

Conducción de agua - Tanque de lavado				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Flotante compacto de nivel Ø ¾"	Precons	\$ 2.591,87	1 [unid]	\$ 2.591,87
Codo a 90° Ø ¾"	Polimex	\$ 88,68	1 [unid]	\$ 88,68
Válvula llave de paso Ø ¾"	Duke	\$ 360,00	1 [unid]	\$ 360,00
Niple para manguera Ø ¾" M	Polimex	\$ 100,00	1 [unid]	\$ 100,00
Caño de PVC Ø 100 [mm]	Tuboforte	\$ 1.349,76	4 [m]	\$ 1.349,76
Codo a 90° de PVC Ø 100 [mm]	Tuboforte	\$ 215,41	2 [unid]	\$ 430,82
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.921,13</b>

Finalmente, se presenta la suma total de los costos de los diferentes materiales empleados en el proyecto para la conducción de agua.

Tabla 93. Presupuesto conducción de agua (total)

Clasificación	Precio
Cinta transportadora II	\$ 22.652,35
Tanque de lavado	\$ 4.921,13
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27.573,48</b>

## 6.4 Presupuesto: Tornillos y tuercas

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los distintos tipos de tornillos y tuercas utilizados para llevar a cabo las sujeciones en las máquinas. Se consultó lista de precios en ferreterías del medio local.

A continuación se presentan los precios de los tornillos agrupados por tipo (Tabla 94), donde la cantidad corresponde al total necesario.

Tabla 94. Presupuesto tornillos

Tornillos			
Ítem	Máquina	Cantidad	Precio total
Tornillo M3x6 cabeza Phillips	Cinta transportadora II	4	\$ 20
Tornillo M4x10 cabeza Phillips	Tanque de lavado	56	\$ 280
Tornillo M5x8 cabeza Phillips	Cinta transportadora II	2	\$ 12
Tornillo M5x12 Cabeza avellanada allen	Sierra circular de banco	16	\$ 400
Tornillo M5x16 Cabeza avellanada allen	Sierra circular de banco	17	\$ 221
Tornillo M5x25 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II	18	\$ 558
Tornillo M5x60 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II	8	\$ 208

Tornillo M6x19 autoperforante	Cinta transportadora I	22	\$ 132
Tornillo M6x25 mariposa	Sierra circular de banco	1	\$ 233
Tornillo M6x30 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	33	\$ 1.122
Tornillo M6x35 Cabeza avellanada allen	Sierra circular de banco	12	\$ 432
Tornillo M6x40 tirafondo	Sierra circular de banco	5	\$ 35
Tornillo M6x50 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora I Tanque de lavado	8	\$ 200
Tornillo M8x30 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II Tanque de lavado	30	\$ 1.800
Tornillo M8x40 Tirafondo cabeza avellanada Phillips	Cinta transportadora II	20	\$ 1.400
Tornillo M8x50 Cabeza hexagonal	Tanque de lavado	4	\$ 176
Tornillo M8x50 Cabeza plana y lisa	Cinta transportadora II	8	\$ 640
Tornillo M8x60 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II	8	\$ 392
Tornillo M8x70 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora I	4	\$ 214
Tornillo M10x40 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II Tanque de lavado	20	\$ 1.300
Tornillo M12x40 Cabeza hexagonal	Tanque de lavado	8	\$ 1.402
Tornillo M12x120 Cabeza hexagonal	Cinta transportadora II	2	\$ 344
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.521</b>

A continuación se presentan los precios de las tuercas agrupados por tipo (Tabla 95), donde la cantidad corresponde al total necesario.

Tabla 95. Presupuesto tuercas

Tuercas			
Ítem	Máquina	Cantidad	Precio total
Tuerca M4	Tanque de lavado	56	\$ 704
Tuerca M5	Sierra circular de banco Cinta transportadora II	61	\$ 767
Tuerca M6	Sierra circular de banco Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	54	\$ 679
Tuerca M8	Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	54	\$ 725
Tuerca M10	Cinta transportadora II Tanque de lavado	20	\$ 316
Tuerca M12	Cinta transportadora II Tanque de lavado	10	\$ 451
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.642</b>

Finalmente, se presenta la suma total de los costos de los diferentes tornillos y tuercas empleados en el proyecto.

Tabla 96. Presupuesto tornillos y tuercas (total)

Clasificación	Precio
Tornillos	\$ 11.521,00
Tuercas	\$ 3.642,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 15.163,00</b>

## 6.5 Presupuesto: Pintura

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de la pintura necesaria, teniendo en cuenta los diferentes tipos y el total de las superficies

a cubrir de cada máquina en particular. Se consultó los precios en el medio local en la pinturería “*Universo*”, a través de su tienda online. La marca de pintura seleccionada es “*Sintoplast*”.

Tabla 97. Presupuesto pintura

Pintura				
Ítem	Máquina	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Esmalte sintético Antioxido para superficies metálicas y exterior Color: amarillo	Sierra circular de banco Cinta transportadora I Tanque de lavado	\$ 915,68	0,5 [I]	\$ 915,68
Esmalte epoxi Para superficies metálicas y exterior Color: verde	Cinta transportadora I Cinta transportadora II Tanque de lavado	\$ 5.452,00	8 [I]	\$ 10.904,00
Fondo sintético Para acero galvanizado y exteriores Color: verde	Cinta transportadora I Cinta transportadora II	\$ 1.450,00	2 [I]	\$ 2.900,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 14.719,68</b>

## 6.6 Presupuesto: Materiales varios

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los ítems que no se encuentran incluidos, por similitud, en los rubros especificados en los apartados anteriores.

A continuación se presentan los precios relacionados con las bandas de transporte. Se solicitó presupuesto en la empresa “*S. Uffenheimer S.R.L.*”, la cual distribuye oficialmente productos de las marcas “*Siegling Transilon*” y “*Siegling Prolink*” en Argentina. La cotización realizada se puede consultar en el Anexo B-5.

Tabla 98. Presupuesto varios (bandas de transporte)

Bandas de transporte				
Ítem	Marca	Modelo	Descripción	Precio total
Banda transportadora	Siegling Transilon	E 5/2 0/V4 GSTR	Largo: 10,3 [m] Ancho: 450 [mm] Con 20 perfiles T60	\$ 141.297,45
Banda modular	Siegling Prolink	S1-18 FLT	Largo: 6 [m] Ancho: 450 [mm] Con 15 perfiles PMC	\$ 139.819,05

Tabla 99. Presupuesto varios (piñón para banda modular)

Piñón para banda modular					
Ítem	Marca	Modelo	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Piñón Z8 Paso: 50 [mm]	Siegling Prolink	S1 SPR	\$ 4.752,30	6 [unid]	\$ 28.513,80

A continuación se presentan los precios de elementos restantes empleados en la conformación de la sierra circular de banco (Tabla 100). Los precios fueron consultados en diferentes comercios del medio local.

Tabla 100. Presupuesto varios (sierra circular de banco)

Varios - Sierra circular de banco			
Ítem	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Cable de acero tipo "Bowden" con funda	\$ 110,23	1 [m]	\$ 110,23
Resorte de tracción Øext 26 [mm] - Ltot 150 [mm]	\$ 151,00	1 [unid]	\$ 151,00
Resorte de tracción Øext 16 [mm] - Ltot 85 [mm]	\$ 69,90	1 [unid]	\$ 69,90
Puño de goma eva L 125 [mm] - Ø 20 [mm]	\$ 169,65	1 [unid]	\$ 169,65
Seguro seeger Ø 65 [mm]	\$ 450,00	1 [unid]	\$ 450,00
Arandela seeger Ø 8 [mm]	\$ 63,60	6 [unid]	\$ 381,60
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.332,38</b>

A continuación se presentan los precios de elementos restantes empleados en la conformación de la cinta transportadora II (Tabla 101). Los precios fueron consultados en diferentes comercios del medio local.

Tabla 101. Presupuesto varios (cinta transportadora II)

<b>Varios - Cinta transportadora II</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Inserto caño cuadrado 50x50 [mm]	\$ 553,00	8 [unid]	\$ 4.424,00
Pata niveladora roscada M16x100	\$ 851,70	6 [unid]	\$ 5.110,20
Rueda industrial con freno M16	\$ 3.695,00	2 [unid]	\$ 7.390,00
Abrazadera omega ¾"	\$ 15,20	2 [unid]	\$ 30,40
Tira de PVC 450x100x1,5 [mm]	\$ 80,34	1 [unid]	\$ 80,34
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17.034,94</b>

## 6.7 Presupuesto: Instalación eléctrica

En el presente apartado se detallan los costos en pesos de los materiales y elementos destinados a la conformación de la instalación eléctrica del sector en cuestión. Se solicitó presupuesto en el medio local en el comercio "Iluminar" para los elementos que conforman la iluminación y en la empresa "Noro & Raffaelli S.A." para el resto de los materiales eléctricos. Además, se presenta el presupuesto relacionado con la mano de obra que conlleva la ejecución de la instalación eléctrica.

### 6.7.1 Materiales de la instalación eléctrica

A continuación se presentan los precios de los elementos empleados en la iluminación del sector (Tabla 102).

Tabla 102. Presupuesto de la instalación eléctrica (iluminación)

Instalación eléctrica - Iluminación				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Lámpara LED 40 [W]	Philips	\$ 468,00	9 [unid]	\$ 4.212,00
Tubo LED 16 [W] - 1200 [mm]	Philips	\$ 246,00	8 [unid]	\$ 1.968,00
Luminaria colgante de campana	-	\$ 1.533,99	9 [unid]	\$ 13.805,91
Plafon estanco para 2 tubos	-	\$ 2.387,98	4 [unid]	\$ 9.551,92
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 29.537,83</b>

A continuación se presentan los precios de los distintos conductores empleados (Tabla 103). El precio unitario corresponde al costo del metro de conductor.

Tabla 103. Presupuesto de la instalación eléctrica (conductores)

Instalación eléctrica - Conductores				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Conductor 2x1,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 159,54	24 [m]	\$ 3.828,96
Conductor 3x1,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 210,91	51 [m]	\$ 10.756,41
Conductor 3x2,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 292,47	7 [m]	\$ 2.047,29
Conductor 3x10 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 969,76	4 [m]	\$ 3.879,04
Conductor 4x16 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 1.936,25	50 [m]	\$ 96.812,50
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 117.324,20</b>

A continuación se presentan los precios de los elementos empleados en la puesta a tierra de la instalación (Tabla 104). Para los conductores, el precio unitario corresponde al costo del metro.

Tabla 104. Presupuesto de la instalación eléctrica (puesta a tierra)

Instalación eléctrica - Puesta a tierra				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Conductor 1x2,5 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 71,31	82 [m]	\$ 5.847,42
Conductor 1x16 [mm <sup>2</sup> ]	IMSA	\$ 453,26	5 [m]	\$ 2.266,30
Electrodo (jabalina) 3/8" x 1 [m]	Genrod	\$ 698,00	1 [unid]	\$ 698,00
Tomacable	Genrod	\$ 260,00	1 [unid]	\$ 260,00
Caja de inspección	Genrod	\$ 360,54	1 [unid]	\$ 360,54
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.432,26</b>

A continuación se presentan los precios de las distintas protecciones empleadas en la instalación (Tabla 105).

Tabla 105. Presupuesto de la instalación eléctrica (protecciones)

Instalación eléctrica - Protecciones				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Seccionador tripolar 100 [A]	WEG	\$ 10.878,92	1 [unid]	\$ 10.878,92
Fusible NH000 100 [A]	WEG	\$ 3.545,50	3 [unid]	\$ 10.636,50
Diferencial 4x63 [A] 300 [mA]	WEG	\$ 9.204,76	1 [unid]	\$ 9.204,76
Diferencial 4x25 [A] 30 [mA]	WEG	\$ 6.316,11	1 [unid]	\$ 6.316,11
Termomagnético bipolar C2	WEG	\$ 1.135,12	2 [unid]	\$ 2.270,24
Termomagnético tripolar C2	WEG	\$ 1.808,14	4 [unid]	\$ 7.232,56
Termomagnético bipolar C4	WEG	\$ 1.135,12	2 [unid]	\$ 2.270,24
Termomagnético tripolar C4	WEG	\$ 1.808,14	1 [unid]	\$ 1.808,14
Termomagnético tetrapolar C6	WEG	\$ 2.185,62	1 [unid]	\$ 2.185,62
Termomagnético bipolar C10	WEG	\$ 891,50	1 [unid]	\$ 891,50
Termomagnético tripolar C10	WEG	\$ 1.421,51	1 [unid]	\$ 1.421,51
Termomagnético tetrapolar C16	WEG	\$ 2.021,41	1 [unid]	\$ 2.021,41

Guardamotor tripolar 16-20 [A]	WEG	\$ 12.254,06	1 [unid]	\$ 12.254,06
Guardamotor tripolar 40-50 [A]	WEG	\$ 32.201,82	1 [unid]	\$ 32.201,82
Relé de sobrecarga 8-12,5 [A]	WEG	\$ 5.127,62	1 [unid]	\$ 5.127,62
Relé de sobrecarga 22-32 [A]	WEG	\$ 5.127,62	1 [unid]	\$ 5.127,62
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 100.075,59</b>

A continuación se presentan los precios de los dispositivos empleados en las operaciones de comando (Tabla 106).

Tabla 106. Presupuesto de la instalación eléctrica (comando)

Instalación eléctrica - Comando				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Contactador tripolar 7 [A] 24 [V] AC	WEG	\$ 3.334,39	8 [unid]	\$ 26.675,12
Contactador tripolar 12 [A] 24 [V] AC	WEG	\$ 4.254,34	2 [unid]	\$ 8.508,68
Contactador tripolar 18 [A] 24 [V] AC	WEG	\$ 4.721,05	1 [unid]	\$ 4.721,05
Contactador tripolar 25 [A] 24 [V] AC	WEG	\$ 6.565,30	2 [unid]	\$ 13.130,60
Relé temporizador 3-30 [s]	WEG	\$ 10.848,51	2 [unid]	\$ 21.697,02
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 66.223,79</b>

A continuación se presentan los precios de los elementos empleados en la compensación del factor de potencia (Tabla 107).

Tabla 107. Presupuesto de la instalación eléctrica (compensación del FP)

Instalación eléctrica - Compensación del factor de potencia				
Ítem	Marca	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Capacitor tripolar 5 [kVAr]	WEG	\$ 17.850,21	1 [unid]	\$ 17.850,21
Capacitor tripolar 10 [kVAr]	WEG	\$ 21.066,88	1 [unid]	\$ 21.066,88
Contactador tripolar para capacitor 10 [kVAr] 24 [V] AC	WEG	\$ 9.550,30	2 [unid]	\$ 19.100,60
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 58.017,69</b>

A continuación se presentan los precios de los distintos elementos empleados en la conformación final del tablero del sector (Tabla 108).

Tabla 108. Presupuesto de la instalación eléctrica (tablero y accesorios)

<b>Instalación eléctrica - Tablero y accesorios</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Gabinete estanco IP55 1200x750x225 [mm]	Genrod	\$ 39.550,37	1 [unid]	\$ 39.550,37
Riel DIN 35 [mm]	Zoloda	\$ 486,83	3 [m]	\$ 1460,49
Cablecanal ranurado 40x40[mm]	Zoloda	\$ 329,86	3 [m]	\$ 989,59
Cablecanal ranurado 80x80[mm]	Zoloda	\$ 667,01	4 [m]	\$ 2.668,06
Bornera distribuidora 7 conex.	Zoloda	\$ 1.976,00	2 [unid]	\$ 3.952,00
Bornera distribuidora 11 conex.	Zoloda	\$ 2.497,00	1 [unid]	\$ 2.497,00
Bornera distribuidora 7 conex.	Zoloda	\$ 398,00	2 [unid]	\$ 796,00
Transf. de potencia 200 [VA]	Ind.	\$ 8.246,02	1 [unid]	\$ 8.246,02
Mando selector 2 posiciones	WEG	\$ 1.118,74	11 [unid]	\$ 12.306,14
Botón parada de emergencia	WEG	\$ 1.454,74	1 [unid]	\$ 1.454,74
Lámpara piloto (verde)	WEG	\$ 1.493,45	9 [unid]	\$ 13.441,05
Lámpara piloto (roja)	WEG	\$ 1.493,45	3 [unid]	\$ 4.480,35
Tomacorriente 1P+N+T 10 [A]	SICA	\$ 839,00	1 [unid]	\$ 839,00
Tomacorriente 3P+T 16 [A]	SICA	\$ 1.169,00	1 [unid]	\$ 1.169,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 93.849,81</b>

A continuación se presentan los precios de las bandejas portacables y sus respectivos accesorios (Tabla 109). El presupuesto corresponde a bandejas perforadas de 0,7 [mm] de espesor.

Tabla 109. Presupuesto de la instalación eléctrica (bandejas portables)

<b>Instalación eléctrica - Bandejas portables</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Tramo recto 200 [mm]	\$ 3.848,95	9 [m]	\$ 11.546,85
Tramo recto 50 [mm]	\$ 2.001,82	15 [m]	\$ 10.009,10
Reducción 200 a 50 [mm]	\$ 152,18	2 [unid]	\$ 304,36
Curva plana a 90° 50 [mm]	\$ 160,00	1 [unid]	\$ 160,00
Curva articulada vertical 50 [mm]	\$ 127,91	1 [unid]	\$ 127,91
Curva articulada vertical 200 [mm]	\$ 310,28	1 [unid]	\$ 310,28
Unión te 50 [mm]	\$ 176,25	2 [unid]	\$ 352,50
Unión te 200 [mm]	\$ 476,83	1 [unid]	\$ 476,83
Unión tramo recto	\$ 127,90	4 [unid]	\$ 511,60
Grampa de suspensión 50 [mm]	\$ 140,14	8 [unid]	\$ 1.121,12
Grampa de suspensión 200 [mm]	\$ 283,69	4 [unid]	\$ 1.134,76
Varilla roscada 1 [m]	\$ 188,29	6 [unid]	\$ 1.129,74
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27.185,05</b>

### 6.7.2 Mano de obra de la instalación eléctrica

A continuación se presenta el presupuesto relacionado con la mano de obra del técnico electricista o empresa, a cargo de ejecutar las tareas referidas a la instalación eléctrica en el sector. Es necesario destacar que dicha labor será tercerizada.

Para determinar el presupuesto se consultó los costos sugeridos de mano de obra, en instalaciones eléctricas, según “AAIERIC” (Asociación Argentina de Instaladores Eléctricos Residenciales, Industriales y Comerciales). Dicha entidad detalla los precios del mercado, según encuesta

a instaladores eléctricos profesionales, de manera actualizada por mes, en Argentina.

Mediante los valores referenciales brindados por la asociación, para instalaciones de 380 [V] hasta 10 [kW], se elaboró la siguiente tabla teniendo en cuenta los requerimientos específicos de la instalación eléctrica en cuestión.

Tabla 110. Presupuesto de la instalación eléctrica (mano de obra)

<b>Instalación eléctrica - Mano de obra</b>			
<b>Rubro</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Cableado subterráneo	\$ 433	50 [m]	\$ 21.680
Instalación de bandeja de 50 [mm]	\$ 526	15 [m]	\$ 7.890
Accesorios de bandeja de 50 [mm]	\$ 352	6	\$ 2.112
Instalación de bandeja de 200 [mm]	\$ 787	9 [m]	\$ 7.083
Accesorios de bandeja de 200 [mm]	\$ 526	2	\$ 1.052
Cableado general según conexiones	\$ 1.066	10	\$ 10.660
Instalación de artefacto de 2 tubos LED	\$ 2.922	4	\$ 11.688
Instalación de artefacto colgante industrial	\$ 2.374	9	\$ 21.366
Armado general de tablero	\$ 17.324	1	\$ 17.324
Valor adición por módulo bipolar	\$ 3.146	5	\$ 15.730
Valor adicional por ID tetrapolar	\$ 5.415	2	\$ 10.830
Valor adicional por ITM tripolar	\$ 4.718	10	\$ 47.180
Valor adicional por ITM tetrapolar	\$ 5.415	2	\$ 10.830
Valor adicional por otros módulos	\$ 5.415	15	\$ 81.225
Puesta a tierra general	\$ 6.494	1	\$ 6.494
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 273.144,00</b>

### 6.7.3 Total instalación eléctrica

Seguidamente se detallan los costos totales (Tabla 111), obteniendo el valor final del presupuesto referido a la instalación eléctrica del sector de molienda.

*Tabla 111. Presupuesto instalación eléctrica (total)*

<b>Clasificación</b>	<b>Precio</b>
Iluminación	\$ 29.537,83
Conductores	\$ 117.324,20
Puesta a tierra	\$ 9.432,26
Protecciones	\$ 100.075,59
Comando	\$ 66.223,79
Compensación del factor de potencia	\$ 58.017,69
Tablero y accesorios	\$ 93.849,81
Bandejas portacables	\$ 27.185,05
Mano de obra	\$ 273.144,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 774.790,22</b>

### 6.8 Presupuesto: Obra civil

Como se definió anteriormente (Sección 3.1), se llevará a cabo el cerramiento del sector destinado a la producción, donde se encontrará ubicada la línea productiva completa. Dicho cerramiento estará conformado por una estructura metálica compuesta de columnas y travesaños, con techo de chapa acanalada.

La construcción de la obra civil en cuestión será tercerizada a una empresa constructora que lleve a cabo este tipo de tarea. Para poder definir

el presupuesto, se tienen en cuenta los costos de materiales y el valor de la mano de obra establecidos por la revista “*Cifras*”, la cual establece los costos sugeridos del metro cuadrado de construcción, de manera actualizada por mes, para la región litoral-centro de Argentina.

Se consulta la tabla que define los costos sugeridos para la construcción de un depósito galpón. Solo se tienen en cuenta los rubros de estructura y cubiertas, ya que estos son únicamente los requeridos para el sector.

Tabla 112. Presupuesto de la obra civil

Rubro	Precio de materiales	Precio de ejecución	Área de la obra	Precio total
Estructura	6.062,99 [\$/m <sup>2</sup> ]	2.694,65 [\$/m <sup>2</sup> ]	88 [m <sup>2</sup> ]	\$ 770.672,32
Cubiertas	3.567,79 [\$/m <sup>2</sup> ]	1.235,89 [\$/m <sup>2</sup> ]		\$ 422.723,84
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.193.405,16</b>

## 6.9 Presupuesto: Mano de obra de máquinas

En el presente apartado se detallan los costos relacionados con la mano de obra necesaria para llevar a cabo la fabricación y/o modificación de las distintas máquinas proyectadas para el sector de molienda.

El proyecto fue pensado desde un comienzo para poder ser llevado a cabo en su mayoría por los mismos empleados de Quanta, lo que significa una reducción de costos para la empresa al no tener que contratar, de forma externa, mano de obra para la ejecución de las tareas necesarias.

Teniendo en cuenta que la empresa cuenta con un operario altamente especializado en trabajos en metal y un operario que lleva a cabo tareas de ensamble en general, se decide formar un equipo de trabajo y encomendar a los mismos las actividades de fabricación y modificación de las máquinas del

sector. A su vez, los operarios dedicados al sector de inyección serán los encargados de fabricar los distintos elementos proyectados en plástico reciclado.

A continuación se detalla el presupuesto de la mano de obra para la conformación de las distintas máquinas (Tabla 113). Los costos por hora para Quanta, según el tipo de actividad de los empleados, fueron brindados por la misma empresa.

Para obtener los costos totales es necesario considerar las horas estimadas para la ejecución de las distintas tareas consideradas. Dichas horas fueron establecidas según el cronograma de actividades, detallado en el Anexo C.

Tabla 113. Presupuesto de la mano de obra de máquinas

Empleado	Precio estimado	Horas totales estimadas	Precio total
Metal	726 [\$/h]	376 [h]	\$ 272.976
Ensamble	800 [\$/h]	376 [h]	\$ 300.800
Inyección	834 [\$/h]	32 [h]	\$ 26.688
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 600.464</b>

## 6.10 Presupuesto: Totales

Finalmente, habiendo definido los distintos costos y conformado los respectivos presupuestos por rubro, se detallan los costos finales estimativos por máquina fabricada y/o modificada y el presupuesto total del proyecto completo.

### 6.10.1 Presupuesto por máquinas

A continuación se presentan los costos finales de cada máquina construida o en las cuales se llevaron a cabo algún tipo de intervención (Tabla 114). Los mismos son valores aproximados, siendo que puede haber pequeñas variaciones en los valores de los materiales, la mano de obra, los insumos requeridos, entre otros.

Tabla 114. Presupuesto de cada máquina construida y/o modificada

Máquina	Precio de materiales	Precio de mano de obra	Precio total
Sierra circular de banco	\$ 7.824,65	\$ 61.040,00	\$ 68.864,65
Cinta transportadora I	\$ 185.881,53	\$ 67.144,00	\$ 253.025,53
Molino a martillos	-	\$ 12.208,00	\$ 12.208,00
Cinta transportadora II	\$ 333.591,24	\$ 213.640,00	\$ 547.231,24
Transportador de tornillo sin fin	-	\$ 12.208,00	\$ 12.208,00
Tanque de lavado	\$ 171.778,83	\$ 183.120,00	\$ 354.898,83
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 699.076,25</b>	<b>\$ 549.360,00</b>	<b>\$ 1.248.436,25</b>

### 6.10.2 Presupuesto total del proyecto

Finalmente se procede a determinar el valor final del proyecto completo. Es necesario aclarar que se deben tener en cuenta otros costos de menor consideración, los mismos son detallados a continuación (Tabla 155).

Tabla 155. Presupuestos adicionales varios

Rubro	Precio total
Insumos varios	\$ 16.119
Electricidad	\$ 53.132
Administración	\$ 51.562
Alquiler	\$ 14.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 134.813</b>

Es necesario aclarar que el costo del rubro “alquiler” es debido a la necesidad de contratar un servicio de traslado de máquinas, para llevar a cabo la disposición final dentro del sector de molienda. Para esto se solicitó presupuesto en el medio local a la empresa “*Gruas Bovier S.R.L.*”.

A continuación se detallan los costos por rubro y el valor total estimado del presente proyecto.

Tabla 156. Presupuesto total del proyecto

Rubro	Precio total
Materiales estructurales	\$ 195.632,96
Potencia y transmisión	\$ 196.186,87
Conducción de agua	\$ 27.573,48
Tornillos y tuercas	\$ 15.163,00
Pintura	\$ 14.719,68
Materiales varios	\$ 327.997,62
Instalación eléctrica	\$ 774.790,22
Obra civil	\$ 1.193.405,16
Mano de obra de máquinas	\$ 600.464,00
Adicionales varios	\$ 134.813,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.480.745,99</b>

## 7 Cronograma

En el presente capítulo se llevará a cabo la elaboración del cronograma que define las pautas necesarias para la ejecución del proyecto. Un cronograma es una herramienta esencial para elaborar calendarios de trabajo o actividades. Es un documento en el que se establece la duración de un proyecto, la fecha de inicio y final de cada tarea y la correlación entre ellas; es decir, una manera sencilla de organizar el trabajo.

El cronograma será planificado utilizando un diagrama de Gantt. El mismo es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de duración previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

A continuación se detalla el conjunto de tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto de manera organizada (Tabla 157). Es necesario remarcar que el orden de las mismas y sus relaciones fueron establecidas con el fin de obtener la mayor optimización posible del tiempo total del proyecto. Además, se debe mencionar que la duración de cada tarea en específico es una estimación efectuada según distintos parámetros y consultas realizadas.

*Tabla 157. Listado de tareas del cronograma*

N°	Tarea	Duración	Predecesora	Equipo encargado
1	Obra civil	2 meses	-	Tercero
2	Compra de materiales	-	-	Admin.
3	Materiales estructurales	1,5 sem.	-	Admin.
4	Potencia y transmisión	2 sem.	-	Admin.
5	Conducción de agua	2 sem.	-	Admin.
6	Tornillos y tuercas	1 día	-	Admin.
7	Pintura	1 día	-	Admin.

8	Bandas de transporte y accesorios	4 sem.	-	Admin.
9	Materiales varios e insumos	2 días	-	Admin.
10	Materiales y dispositivos eléctricos	2 sem.	-	Admin.
11	<b>Modificación: Transportador de tornillo sin fin</b>	<b>1 día</b>	<b>9</b>	<b>M y E</b>
12	<b>Fabricación: Tanque de lavado</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>M y E</b>
13	Reacondicionamiento del tanque	1 día	11	M y E
14	Fabricación de las palas rotativas	2 días	3;48	M y E
15	Fabricación de los cangilones	3 días	14	M y E
16	Fabricación de la estructura del transportador a cangilones	1 sem.	15	M y E
17	Modificaciones y montaje referidos a la conducción de agua	1 día	16	M y E
18	Montaje de las palas rotativas, el conjunto motriz y la transmisión	1 día	17	M y E
19	Montaje de estructura, conjunto motriz, transmisión y cangilones	1 día	18	M y E
20	Puesta en marcha y control	1 día	19	M, E y A
21	<b>Fabricación: Cinta transportadora I</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>M, E y I</b>
22	Reacondicionamiento de estructura	1 día	13	M y E
23	Modificaciones sobre la estructura	1 día	20	M y E
24	Fabricación del soporte del conjunto motriz	0,5 días	23	M y E
25	Fabricación de apoyos plásticos	1 día	-	Inyección
26	Montaje y tensado de la banda	0,5 días	8;24	M y E
27	Montaje del conjunto motriz y de la transmisión	0,5 días	26	M y E
28	Puesta en marcha y control	1 día	27	M, E y A
29	<b>Fabricación: Cinta transportadora II</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>M, E y I</b>
30	Fabricación de estructura en metal	1 sem.	28	M y E

31	Fabricación de tablas plasticas	2 días	25	Inyección
32	Ensamble de la mesa de deslizamiento con la estructura	0,5 días	30;31	M y E
33	Torneado de ejes	0,5 días	32	M y E
34	Montaje de rodamientos, ejes, piñones y conjunto motriz	1 día	33	M y E
35	Montaje y tensado de la banda	0,5 días	8;34	M y E
36	Fabricación y ensamble de la bandeja de escurrimiento	2 días	35	M y E
37	Fabricación y ensamble del sistema de aspersión	1 día	36	M y E
38	Fabricación y ensamble de la tolva de carga	4 días	37	M y E
39	Puesta en marcha y control	1 día	38	M, E y A
<b>40</b>	<b>Modificación: Molino a martillos</b>	-	-	<b>M y E</b>
41	Corte de boca de alimentación	0,5 días	39	M y E
42	Modificación de la rampa de salida	0,5 días	41	M y E
<b>43</b>	<b>Modificación: Sierra circular de banco</b>	-	-	<b>M, E y I</b>
44	Fabricación de piezas plásticas	1 día	31	Inyección
45	Fabricación de piezas metálicas	3 días	42	M y E
46	Modificaciones estructurales y ensamble de piezas	0,5 días	45	M y E
47	Puesta en marcha y control	0,5 días	46	M, E y A
<b>48</b>	<b>Mantenimiento de los molinos</b>	<b>2 días</b>	<b>22</b>	<b>M y E</b>
<b>49</b>	<b>Disposición de las máquinas</b>	<b>1 día</b>	<b>1;46;47</b>	<b>M, E y A</b>
<b>50</b>	<b>Obra de instalación eléctrica</b>	<b>4 sem.</b>	<b>47</b>	<b>Tercero</b>
<b>51</b>	<b>Obra de instalación de agua</b>	<b>1 día</b>	<b>49</b>	<b>M y E</b>
<b>52</b>	<b>Puesta en marcha de la línea</b>	<b>1 día</b>	<b>50;51</b>	<b>M, E y A</b>
<b>53</b>	<b>Control de funcionamiento y tareas de regulación</b>	<b>1 día</b>	<b>52</b>	<b>M y E</b>

*Aclaración: M: metal, E: ensamble, I: inyección y A: administración*

Con todas las tareas definidas se elabora el diagrama de Gantt. Para esto se hizo uso del software de administración de proyectos “Microsoft Project”. Seguidamente se puede observar una imagen (Figura 296) con el orden de las principales tareas expuestas en el diagrama.

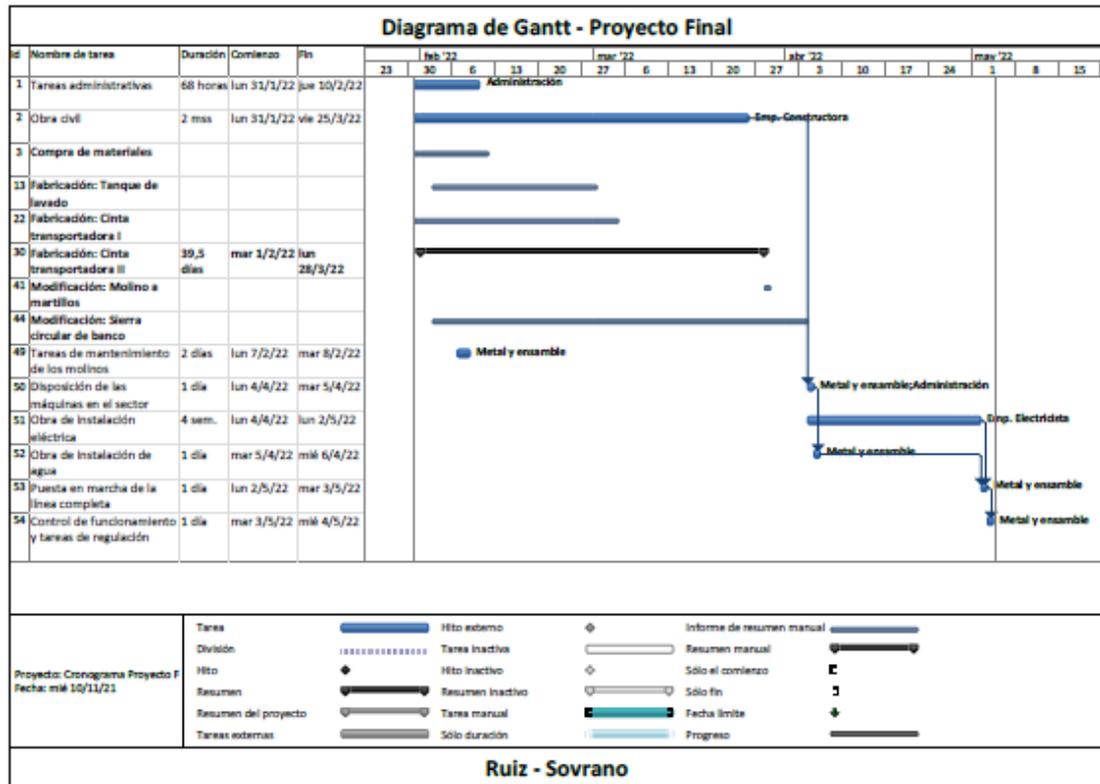


Figura 296. Diagrama de Gantt parcial

Cabe destacar que este es un diagrama parcial en el cual no se logra visualizar el total de las tareas. Para mayores detalles puede observarse el Anexo C, donde se encuentra el diagrama completo.

Se estableció como inicio del proyecto el día lunes 31, del mes de enero, del año próximo (2022). Se fijó dicho punto de inicio a manera de ejemplo, debido a que la fecha de comienzo será definida por la empresa en el caso que determine llevar a cabo la ejecución del presente proyecto.

Con la fecha de inicio establecida, se obtiene una fecha de finalización en el día miércoles 4, del mes de mayo, del año 2022. Por lo tanto, la

duración total del proyecto queda definida en aproximadamente 3 meses, lo que implica una cantidad de 68 días laborables, considerando jornadas de trabajo de 8 horas diarias, tal como se organiza Quanta actualmente.

## 8 Análisis económico y financiero

En el presente capítulo se lleva a cabo un análisis de los diferentes aspectos que determinan la viabilidad económica del proyecto, como así también la rentabilidad financiera que el mismo pretende generar. Para esto se detallan los flujos netos de dinero que tiene el proyecto en un período determinado. En primer lugar se tienen en cuenta los flujos negativos, o de salida, que hacen referencia a la inversión inicial y a los distintos costos que se presentan en el período. En segundo lugar se consideran los flujos positivos, o de entrada, que están relacionados con los beneficios que percibirá la empresa. De esta manera es posible conformar el denominado “flujo de caja” del proyecto y calcular los distintos indicadores económicos.

Los valores negativos representados en el flujo de caja están asociados a los costos por el aumento de la mano de obra necesaria, el aumento del consumo eléctrico y el mantenimiento de la nueva línea de producción. Los valores positivos están relacionados con los beneficios determinados por la comercialización de material molido, la disminución del costo del material molido para el sector de inyección y el ahorro que se presupone por la prevención de posibles accidentes debido al aumento de la seguridad en el sector de molienda.

A continuación se expresa una lista con los principales contenidos del capítulo:

- 8.1 Productividad del sector de molienda proyectado
- 8.2 Costo por aumento de la mano de obra
- 8.3 Costo por aumento del consumo eléctrico
- 8.4 Costo por mantenimiento
- 8.5 Beneficio por plástico molido comercializable
- 8.6 Beneficio por plástico molido para inyección
- 8.7 Beneficio por la prevención de accidentes
- 8.8 Flujo de caja

## 8.1 Productividad del sector de molienda proyectado

Como consecuencia del nuevo proceso productivo, existirán diversas variaciones con respecto a la productividad del sector de molienda.

Según los tiempos estimados que se requieren para llevar a cabo la ejecución de las distintas tareas que conforman el proceso productivo, considerando la labor de un solo operario, y la capacidad productiva de la línea de molienda, es posible establecer la producción diaria por jornada laboral. La misma se fija en un valor de 400 [kg], que corresponde a la capacidad aproximada de un bolsón big bag.

La jornada laboral en Quanta está establecida en 8 horas diarias. Se estima necesario la utilización de 6 horas de la jornada laboral para el funcionamiento constante de la línea de molienda, con el fin de producir la cantidad establecida. El tiempo restante será empleado en un comienzo para la organización de la materia prima, la disposición del bolsón big bag en la posición de carga sobre un pallet y el encendido de la línea productiva según el material a moler. Además, una vez finalizada la producción habrá un tiempo dedicado al apagado de las máquinas, la realización de un control general y de limpieza y el transporte del pallet con el bolsón cargado hacia la zona del depósito de almacenamiento de material procesado. También, se debe aclarar que se contempló el tiempo necesario de descanso para el operario y demás circunstancias relacionadas al trabajo en el sector.

Una vez definida la producción diaria por jornada laboral es posible establecer la producción mensual y anual estimada. Quanta trabaja de lunes a viernes por lo que se consideran 20 días laborales mensuales, como una aproximación, teniendo en cuenta la posibilidad de feriados y demás circunstancias en las cuales la empresa no trabaje normalmente. En cuanto a la cantidad de meses laborables al año, es necesario remarcar que la empresa sufre una merma de producción en el mes de enero y cierra sus puertas las últimas semanas de diciembre, por lo que se consideran 10

meses laborales al año, para asegurar que se cumplan los objetivos de producción fijados.

Teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en el párrafo anterior, se detallan a continuación (Tabla 158) los valores estimados de producción para el sector de molienda proyectado.

*Tabla 158. Producción estimada del sector de molienda*

<b>Producción diaria</b>	<b>Producción mensual</b>	<b>Producción anual</b>
400 [kg]	8.000 [kg]	80.000 [kg]

Actualmente, el sector de molienda produce al año aproximadamente 20000 [kg] de material molido, los cuales pueden presentar una variación según la cantidad de demanda del sector de inyección. Es necesario remarcar que, dentro de las proyecciones de Quanta, se estipula a futuro un crecimiento de un 80%, como valor objetivo. Esto quiere decir que la empresa cuenta con la demanda suficiente en el mercado para aumentar su oferta de productos terminados, lo que se ve reflejado como una necesidad directa de aumentar la producción en inyección y, en consecuencia, demanda una mayor cantidad de material molido.

El sector de inyección opera con dos máquinas inyectoras principales, las cuales no son utilizadas actualmente en simultáneo, pero pueden trabajar perfectamente al mismo tiempo en las jornadas laborales de la empresa, lo que implicaría una producción del doble que la actual. Además, es necesario remarcar que el sector de molienda, en la actualidad, requiere normalmente de dos empleados, y hasta tres en ciertas circunstancias, para ser operado de forma completa. Dichos empleados son los dedicados también al sector de inyección, por lo que se reduce la mano de obra disponible dentro del sector mencionado.

En el proceso productivo del sector de molienda proyectado, como ya se mencionó, sólo se emplea un operario, por lo que los dos empleados

restantes que actualmente intercalan su labor entre los sectores de molienda e inyección, pueden dedicarse a tiempo completo al proceso de inyección. De esta manera se obtendría un aumento de la producción en un aproximado del 50%, lo que justificaría en gran medida las ambiciones a futuro de la empresa.

Por todo lo mencionado anteriormente se estima, en un principio, una demanda anual de 40000 [kg] de material molido por parte del sector de inyección. Además, es necesario remarcar que en caso de presentarse una demanda mayor a la establecida, puede ser cubierta correctamente debido a los 40000 [kg] anuales restantes producidos. Esta cantidad última será destinada a la comercialización, lo que implica una expansión de Quanta a nuevos mercados que se dedican, principalmente, a la elaboración de productos de plástico reciclado a partir de molido recuperado. Algunas de estas empresas producen sus propios polímeros molidos, como es el caso de Quanta, pero muchas tienen diferentes proveedores a quienes les compran el plástico triturado. Por lo tanto, hay grandes posibilidades de ser proveedores de estas empresas, permitiendo la comercialización de la producción restante del sector de molienda.

## **8.2 Costo por aumento de la mano de obra**

Debido a la variación en el proceso productivo proyectado, con respecto al actual, es necesario analizar el cambio de costos en la mano de obra dentro del sector de molienda.

En primer lugar se debe considerar que, actualmente, Quanta no opera diariamente el sector de molienda, de manera constante, sino que lo trabaja según la necesidad de materia prima que se presente en el sector de inyección, para la elaboración de productos terminados. Además, es necesario mencionar que los empleados dedicados al proceso de molienda no tienen un puesto fijo en el sector, sino que van rotando en la realización

de otras actividades dentro de la empresa. Por los motivos expuestos, queda en evidencia que la producción mensual actual a lo largo de un año, dentro del sector de molienda, es muy cambiante.

Para establecer un parámetro de referencia que indique la cantidad de días trabajados en molienda, dentro de un año, se analizan datos obtenidos y facilitados por Quanta que registran las jornadas laborales dentro del sector, detallando la cantidad de empleados dedicados. Se tienen en cuenta los últimos tres años y se estima un promedio, considerando además las horas de la jornada laboral y los costos para la empresa según el operario.

*Tabla 159. Costo por el trabajo actual anual en el sector de molienda*

Empleado	Días	Horas	Costo por hora	Costo anual
Operador 1	73	584 [h]	748,30 [\$/h]	\$ 437.007,20
Operador 2	11	88 [h]	800,50 [\$/h]	\$ 70.444,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 507.451,20</b>

En segundo lugar, se debe tener en consideración la mano de obra operativa para el nuevo proceso productivo definido. Debemos mencionar que la realización de las tareas dentro del sector de molienda, en el proceso proyectado, estará a cargo de un sólo empleado de la empresa. El mismo tendrá dedicación completa al sector dentro de la jornada laboral de 8 horas establecida en Quanta. A diferencia de la situación actual, el sector de molienda operará diariamente, todos los días laborables del año según el calendario productivo de la empresa. Además, es necesario mencionar que se designa un operario con menos categoría que los actuales, debido a la simplificación de las tareas a realizar en el sector proyectado.

Tabla 160. Costo por el trabajo proyectado anual en el sector de molienda

Empleado	Días	Horas	Costo por hora	Costo anual
Operador 1	200	1600 [h]	672,13 [\$/h]	\$ 1.075.408,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.075.408,00</b>

Procedemos entonces a determinar la diferencia entre los costos establecidos, que representará un flujo negativo anual para la empresa, debido al aumento del costo de la mano de obra.

Tabla 161. Costo por el aumento de la mano de obra

Costo anual actual	Costo anual proyectado	Costo anual para el flujo de caja
\$ 507.451,20	\$ 1.075.408,00	- \$567.956,80

### 8.3 Costo por aumento del consumo eléctrico

Con la incorporación de nueva maquinaria al sector de molienda y el trabajo en simultáneo de los molinos, en mayor medida que en la actualidad, es evidente que se producirá un aumento considerable en el consumo eléctrico del sector. El costo que le supondrá a la empresa estará dado por la diferencia entre el consumo actual y el consumo de la línea productiva proyectada.

En primer lugar se realiza una estimación anual del consumo eléctrico actual en el sector de molienda. Es necesario hacer una aproximación debido a que el sector no posee un medidor de consumo energético particular, sino que sólo se cuenta con el dato brindado por el medidor en la acometida de la línea de alimentación de la empresa.

Para realizar esta estimación, es necesario tener en cuenta que la demanda energética varía en función del tipo de producto post consumo que

se procesa. Es decir, si se trituran productos que requieren dos etapas de molienda, conlleva un mayor consumo debido a la utilización de ambos molinos para dicha tarea. Por consiguiente, a continuación se exponen los datos correspondientes a la demanda energética actual (Tabla 162). Se realiza una distinción entre los días en los que se emplea solo el molino a martillos y los días en los que se emplea el molino a cuchillas en conjunto con el resto de los equipos para la obtención del material final. La cantidad de días considerados es una aproximación de datos facilitados por la empresa, para distintos períodos.

Tabla 162. Costo por el consumo eléctrico actual

Máquina	Potencia	Horas por día	Cantidad de días	Precio	Costo anual
Molino a martillos	24,33 [kW]	6 [h]	23	2,89 [\$/kW h]	\$ 9.710,55
Molino a cuchillas y equipos restantes	12,76 [kW]	6 [h]	61		\$ 13.510,83
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 23.221,38</b>

Cabe destacar que el precio utilizado en la tabla fue extraído del cuadro tarifario de la empresa distribuidora del suministro eléctrico “ENERSA”, según la tarifa correspondiente a Quanta.

Por otra parte, para definir el aumento del consumo eléctrico, es necesario determinar la demanda energética anual del sector proyectado. Para esto debemos tener en cuenta que, al igual que en la situación actual, el consumo varía en función del producto a moler. En este caso existen tres variantes posibles según el tamaño de la materia prima (ver Sección 1.1). Los materiales de *gran tamaño* utilizan la totalidad de los equipos que pertenecen a la línea productiva, los de *tamaño mediano* ingresan directamente en la cinta transportadora I, por lo que no precisan de la sierra circular de banco. Por último, los de *tamaño pequeño* ingresan mediante la

carga directa de la cinta transportadora II por medio de la tolva de carga. Seguidamente se exhiben (Tabla 163) los consumos eléctricos de cada caso.

Tabla 163. Potencia eléctrica demandada proyectada según el producto a moler

Línea completa	Línea sin sierra circular de banco	Línea desde cinta transportadora II
41,46 [kW]	37,88 [kW]	13,28 [kW]

Para determinar la demanda energética, primero es necesario establecer los días en los que se van a presentar los tres tipos de configuraciones posibles. Para esto se hace un análisis de los datos relevados y proporcionados por Quanta, en donde se especifica, según su clasificación, la cantidad de plástico molido en stock actualmente, detallando la materia prima proveniente. Mediante el estudio de estos datos se define en qué porcentaje se utiliza cada configuración de la línea según el tipo de polímero a procesar. A continuación se presentan los porcentajes de forma organizada (Tabla 164), para establecer de manera clara lo mencionado.

Tabla 164. Porcentajes de utilización de la línea según el tipo de polímero

%	Línea completa	Línea sin sierra circular de banco	Línea desde cinta transportadora II
PP	15 %	0 %	85 %
PEAD	40 %	5 %	55 %
PSAI	0 %	100 %	0 %

Además, es posible aproximar en porcentajes los tipos de polímero procesados anualmente, con el fin de estimar el consumo eléctrico en un año.

Tabla 165. Costo por el consumo eléctrico proyectado

	Porcentaje anual	Componente energético anual	Precio	Costo anual
<b>PP</b>	60 %	12.606,02 [kW h]	2,89 [\$/kW h]	\$ 36.464,18
<b>PEAD</b>	35 %	10.829,41 [kW h]		\$ 31.325,15
<b>PSAI</b>	5 %	2.273,02 [kW h]		\$ 6.574,93
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 74.364,27</b>

Procedemos entonces a determinar la diferencia entre los costos establecidos, que representará un flujo negativo anual para la empresa, debido al aumento del consumo eléctrico.

Tabla 166. Costo por el aumento del consumo eléctrico

Costo anual actual	Costo anual proyectado	Costo anual para el flujo de caja
\$ 23.221,38	\$ 74.364,27	<b>- \$ 51.142,89</b>

## 8.4 Costo por mantenimiento

Al realizar una reforma del sector de molienda e incorporar nuevos equipos, así también como aumentar considerablemente el tiempo operativo de los existentes, es necesario contemplar el mantenimiento correspondiente a toda la línea de producción, para conservar y asegurar el correcto funcionamiento de la maquinaria que la conforma.

Inicialmente se considera el mantenimiento de las cadenas pertenecientes a los distintos equipos. Las mismas, según las recomendaciones del fabricante, considerando trabajo liviano y bajas revoluciones, deben ser lubricadas cada 180 horas y poseen una vida útil aproximada de 2000 horas. Mediante estos datos y los datos de operatividad

de los equipos se procede a determinar los costos para este tipo de mantenimiento (Tabla 167), teniendo en cuenta el transcurso de un año.

Tabla 167. Costo por el mantenimiento de cadenas

Periodicidad	Costo anual
7 lubricaciones al año	\$ 2.800,00
1 reposición anual (todas las cadenas)	\$ 23.834,71
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 26.634,71</b>

Seguidamente se analiza el mantenimiento requerido por el molino a cuchillas, debido a la necesidad de mantener correctamente afiladas las cuchillas que llevan a cabo la trituración del plástico. Actualmente, en Quanta, se lleva a cabo periódicamente el afilado y reposición de cuchillas en el molino considerado, pero debido al aumento de la producción establecido se requiere un mantenimiento con una mayor periodicidad, lo que genera un aumento en los costos. A continuación se realiza una comparativa (Tabla 168), detallando los costos y estableciendo la diferencia que definirá el aumento mencionado.

Tabla 168. Costo por el mantenimiento de cuchillas

	Afilado actual	Afilado proyectado	Reposición actual	Reposición proyectada
<b>Periodicidad</b>	5 meses	1 mes	3 años	1 año
<b>Costo de mantenimiento</b>	\$ 1.160,00	\$ 1.160,00	\$ 31.600,00	\$ 31.600,00
<b>Costo anual</b>	\$ 2.320,00	\$ 11.600,00	\$ 10.533,33	\$ 31.600,00
<b>Diferencia anual</b>	\$ 9.280,00		\$ 21.066,67	
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 30.346,67</b>			

Finalmente debemos considerar que, al aumentar las tareas de mantenimiento a realizar, también aumentará el costo de su correspondiente

mano de obra. Para esto se considera una semana completa al final de cada año, donde se desarrollarán las tareas correspondientes al mantenimiento íntegro de la línea completa, con todos los equipos fuera de servicio. Dicha labor será llevada a cabo por los empleados que fueron designados para la construcción de las distintas máquinas pertenecientes al sector. Por otra parte, el operario del sector será el encargado de efectuar un mantenimiento autónomo mensual de los equipos, estas tareas son de carácter general, como por ejemplo: inspección, limpieza, lubricación, ajustes, etc. Para esto se consideran 4 horas mensuales dedicadas a dichas actividades.

A continuación se exponen (Tabla 169) la cantidad de horas empleadas al año en mano de obra con respecto al mantenimiento de los equipos, detallando los costos específicos según las consideraciones realizadas en el párrafo anterior.

Tabla 169. Costo por la mano de obra de mantenimiento

	Horas al año	Costo por hora	Costo anual
<b>Mantenimiento anual</b>	40 [h]	726,00 [\$/h]	\$ 61.040,00
	40 [h]	800,00 [\$/h]	
<b>Mantenimiento autónomo</b>	40 [h]	672,13 [\$/h]	\$ 26.885,20
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 87.925,20</b>

Procedemos entonces a determinar los costos totales establecidos, que representarán un flujo negativo anual para la empresa.

Tabla 170. Costo por mantenimiento

Tipo de costo	Costo anual para el flujo de caja
Mantenimiento de cadenas	\$ 26.634,71
Mantenimiento de cuchillas	\$ 30.346,67
Mano de obra de mantenimiento	\$ 87.925,20
<b>TOTAL</b>	<b>- \$ 144.906,58</b>

## 8.5 Beneficio por plástico molido comercializable

Para determinar el beneficio que percibirá Quanta por la comercialización de plástico molido es necesario definir, previamente, cuáles son los costos que le supondrá la producción del mismo. Se debe mencionar que, en el mercado, el producto se valoriza por kilogramo, por lo que se requiere definir los costos en función de dicho parámetro. Para esto se analiza, en primera instancia, la producción mensual, ya que existen diversos costos fijos que tienen que ser considerados durante este intervalo de tiempo, para luego poder definir el costo por kilogramo y establecer un precio de venta, para los tres tipos específicos de polímeros trabajados en Quanta.

Los costos directos de producción están definidos principalmente por el valor de la materia prima, la energía eléctrica y la mano de obra. Con respecto a la materia prima, se debe mencionar que Quanta posee una gran cantidad de convenios con distintas empresas, instituciones y municipios, que le permiten recibir productos plásticos post consumo a un precio relativamente bajo, lo que tiene un impacto positivo en la reducción de costos de producción en el sector de molienda. Cuando determinada situación no permite a la empresa abastecerse de materia prima de la forma mencionada, se recurre a la compra en compañías dedicadas a la recolección y acopio de plástico para su reciclado, como por ejemplo la empresa “*Todoni*”, ubicada en la ciudad de Paraná, a la cual Quanta compra plástico post consumo en determinadas situaciones, siendo principalmente las tapas de botellas el producto más demandado.

Debido a las consideraciones hechas en el párrafo anterior, se determina establecer el costo de la materia prima al fijado por las empresas que comercializan plástico para su reciclado. El principal motivo de esta decisión radica en que, al aumentar considerablemente la producción del sector de molienda, no se puede depender de los convenios que Quanta posee para el total abastecimiento de materia prima. Además, de esta manera se tiene en cuenta el mayor costo de la materia prima, a manera de costo de

oportunidad, y se asegura una fuente amplia y segura para el ingreso de material post consumo a la empresa.

Los precios fijados por las distintas organizaciones dedicadas a la recolección, acopio y comercialización de plástico post consumo son muy variados. Además, es necesario mencionar que dichos valores dependen del tipo de polímero de los productos. Por tal motivo, se consultó a empresas de la zona de Paraná, a las cuales Quanta compra material en ciertas circunstancias, y en otras localidades cercanas teniendo en consideración los costos por transporte. De esta manera, se estableció un precio de referencia por kilogramo para cada tipo de plástico trabajado en la empresa (PP, PEAD y PSAI).

En cuanto a los costos relacionados al consumo eléctrico, los mismos son extraídos del análisis realizado en la Sección 8.3, con la diferencia de que en este caso se consideran los costos mensuales de la producción de cada uno de los tres tipos de polímeros trabajados en Quanta.

Para el caso de la mano de obra se utiliza la Tabla 160, de la Sección 8.2, en donde se detalla el costo por hora del empleado encargado de la ejecución de las actividades realizadas en el sector. En este caso se considera solo el trabajo de un mes, el cual tiene el mismo valor para cualquiera de los tres tipos de polímeros que se trabaje.

A los costos directos de producción detallados anteriormente, es necesario adicionar los costos fijos mensuales para la empresa, los mismos son considerados como costos de oportunidad, como por ejemplo el alquiler de un local similar al del sector de molienda proyectado.

A continuación se presentan todos los costos descriptos hasta el momento (Tabla 171). Es necesario mencionar que los costos directos de producción y los considerados costos de oportunidad se establecen teniendo en cuenta el total de la producción mensual, es decir 8000 [kg] de plástico

molido, debido a que no es correcto considerarlos solo para el material destinado a vender. Además, se debe remarcar que los costos de la materia prima y la energía eléctrica presentan una variación para cada tipo de polímero trabajado. Por lo tanto, se realiza una diferenciación de los tres tipos de plástico, considerando la producción mensual de cada uno.

Tabla 171. Costos de la producción mensual

	Costos	PP	PEAD	PSAI
P	Materia prima	\$ 662.400,00	\$ 627.520,00	\$ 766.960,00
	Energía eléctrica	\$ 6.077,36	\$ 8.950,04	\$ 13.149,86
	Mano de obra	\$ 107.540,80		
O	Alquiler del local	\$ 55.020,00		
	Servicio de agua y cloaca	\$ 1.500,00		
	Costo fijo energía eléctrica	\$ 6.000,00		
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 838.538,16</b>	<b>\$ 806.530,84</b>	<b>\$ 950.170,66</b>

*Aclaración: P: costos directos de producción y O: costos de oportunidad*

Teniendo en cuenta la producción de 8000 [kg] mensuales, se puede hacer la división por el total de los costos establecidos y obtener el costo por kilogramo de la molienda de cada uno de los polímeros.

Tabla 172. Costos de producción por kilogramo de molido

PP	PEAD	PSAI
104,82 [\$/kg]	100,82 [\$/kg]	118,77 [\$/kg]

A los costos obtenidos hasta el momento es necesario adicionarles los costos implicados por llevar a cabo la comercialización del plástico molido. Los mismos son detallados a continuación (Tabla 173) e involucran costos administrativos, costos de empaquetado (bolsón big bag y pallet), costos de transporte y costos relacionados al alquiler de un autoelevador para cargar el material en el camión destinado a realizar el transporte del mismo. Estos

costos son considerando que se despache la producción mensual del sector al final de cada mes de trabajo. En este caso sólo se consideran los 4000 [kg] que tendrán destino de venta, debido a que la cantidad restante será empleada por Quanta para la elaboración de productos plásticos.

Tabla 173. Costos de comercialización

Costos	PP	PEAD	PSAI
Administración	\$ 15.165,20		
Bolsón Big Bag	\$ 7.623,00		
Pallet	\$ 9.500,00		
Alquiler autoelevador	\$ 3.500,00		
Transporte	\$ 16.240,84		
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 52.029,04</b>		

Teniendo en cuenta la producción de 4000 [kg] mensuales destinados a ser comercializados, se puede hacer la división por el total de los costos establecidos y obtener el costo por kilogramo de la molienda.

Tabla 174. Costos de comercialización por kilogramo de molido

PP	PEAD	PSAI
13,01 [\$/kg]		

Finalmente, se suman los costos de producción por kilogramo y los costos de comercialización por kilogramo, de esta manera se obtiene el costo total estimado.

Tabla 175. Costos totales por kilogramo de molido

Costos	PP	PEAD	PSAI
Costos de producción	104,82 [\$/kg]	100,82 [\$/kg]	118,77 [\$/kg]
Costos de comercialización	13,01 [\$/kg]		
<b>TOTAL</b>	<b>117,82 [\$/kg]</b>	<b>113,82 [\$/kg]</b>	<b>131,78 [\$/kg]</b>

Es necesario aclarar que todos los costos definidos pueden presentar determinadas variaciones. También es posible que existan costos menores que no fueron contemplados. Por estos motivos se decide establecer un precio de venta por kilogramo con una remarcación del 30%. Además, se debe mencionar que se tuvieron en cuenta costos de oportunidad y el mayor precio para la materia prima de los distintos polímeros, siendo que Quanta realiza una compra, en general, a un valor muy por debajo de los precios considerados por motivo de los convenios mencionados anteriormente. De esta manera se puede asegurar que la ganancia percibida por la empresa rondará o será mayor al 30% establecido, aunque existan costos menores que no fueron considerados en el análisis.

A continuación se presentan los precios de venta establecidos por kilogramo de los distintos polímeros trabajados en Quanta y el beneficio percibido estimado.

*Tabla 176. Precio de venta y ganancia estimada*

	PP	PEAD	PSAI
<b>Precio de venta del kilogramo</b>	\$ 153,17	\$ 147,97	\$ 171,31
<b>Ganancia estimada</b>	\$ 48,35	\$ 47,15	\$ 52,54

Mediante estos datos, se estima el ingreso neto anual por la comercialización de plástico molido, considerando los porcentajes aproximados de producción de los tres tipos de polímeros al año, lo que representará un flujo positivo anual para la empresa.

*Tabla 177. Beneficio por plástico molido comercializable*

	PP	PEAD	PSAI	TOTAL
<b>Porcentaje producido</b>	60 %	35%	5 %	<b>100 %</b>
<b>Cantidad anual</b>	24.000 [kg]	14.000 [kg]	2.000 [kg]	<b>40.000 [kg]</b>
<b>Ingreso neto anual</b>	\$ 1.160.510,86	\$ 660.160,83	\$ 105.081,68	<b>+ \$ 1.925.753,36</b>

Una vez obtenido el valor de venta de los polímeros, es posible realizar un estudio breve de las posibilidades que presenta el mercado, para poder comercializar con éxito el producto ofrecido. Es necesario remarcar que los precios de venta, de plástico molido recuperado por kilogramo, son muy variantes según las distintas características que presenta el plástico molido, pero es posible trazar una comparativa con el precio del material virgen. Para este análisis se considera el Polipropileno (PP), siendo el material más común en el mercado y más trabajado en Quanta. Desde el sector administrativo de la empresa se nos recomendó consultar en “*Provedora Química S.A.*”, una compañía de la ciudad de Rosario, dedicada a la distribución de materias primas plásticas. El precio del kilogramo de Polipropileno virgen es de \$367,05. Es posible establecer una comparación con el material molido recuperado considerando aproximadamente el 60% del valor mencionado. De esta manera, el precio estimado obtenido es de \$220, el cual es similar a los valores promedios consultados en el mercado. Se concluye entonces, que el precio de venta establecido para el producto ofrecido en Quanta es competitivo, siendo el precio de venta establecido para el Polipropileno de \$153,17 por kilogramo.

Por último, se expone una imagen (Figura 297) que contiene un listado de empresas argentinas que fabrican productos con plástico reciclado. Los datos contenidos en la figura son brindados por el sitio web de la entidad “*Ecoplas*”, especializada en plásticos y medio ambiente. Las empresas detalladas utilizan los polímeros que Quanta comercializaría mediante la ejecución de la línea proyectada.



Figura 297. Empresas que fabrican productos con plástico reciclado (“Ecoplas”)

Es necesario remarcar que dentro de los costos de comercialización se tuvo en cuenta el costo de transporte del producto. Para esto se consideró una distancia promedio, siendo que la mayoría de las empresas se encuentran dentro de un mismo rango y la ubicación de Quanta es favorable debido a que se encuentra en una zona central del país.

## 8.6 Beneficio por plástico molido para inyección

En el presente apartado se evaluará el beneficio relacionado con la reducción de costos del material molido que es demandado por el sector de inyección. Como se mencionó anteriormente (ver Sección 8.1), se espera una demanda estimada de 4000 [kg] para la elaboración de productos por parte de la empresa, siendo ésta una proyección a futuro de Quanta. Debido

a que los costos de producción actuales del sector de molienda difieren de los costos obtenidos en la sección anterior (Sección 8.5), es necesario establecer dicha magnitud.

A continuación se exponen los costos actuales para la producción de molido en Quanta (Tabla 1), los mismos provienen de datos históricos obtenidos por la empresa y facilitados para el presente estudio. Es necesario aclarar que sólo se tendrá en consideración el Polipropileno, siendo que es el tipo de polímero más trabajado y del cual la empresa posee mayor información dentro de la producción del sector de molienda.

*Tabla 178. Costo de producción actual de Polipropileno molido*

<b>Costos</b>	<b>PP</b>
Materia prima	82,80 [\$/kg]
Mano de obra	29,93 [\$/kg]
Costos fijos	28,55 [\$/kg]
Bolsa de rafia	0,65 [\$/kg]
<b>TOTAL</b>	<b>141,93 [\$/kg]</b>

Seguidamente se establece la diferencia entre el costo actual y el costo proyectado para la producción de Polipropileno molido, utilizando el valor obtenido anteriormente (ver Tabla 172). De esta manera se establece el beneficio anual percibido por Quanta, considerando el estimado de reducción de costos, lo que representará un flujo positivo anual para la empresa.

*Tabla 179. Beneficio por plástico molido para inyección*

	<b>Costo actual</b>	<b>Costo proyectado</b>	<b>Beneficio</b>
<b>Por kilogramo</b>	\$ 141,93	\$ 104,82	\$ 37,11
<b>Anualmente</b>	\$ 5.677.200,00	\$ 4.192.690,82	<b>+ \$ 1.484.509,18</b>

## 8.7 Beneficio por la prevención de accidentes

Previo a este análisis, es imprescindible remarcar que este tipo de estudio es de carácter estadístico. Mediante diferentes indicadores obtenidos del sitio web de la “*Superintendencia de Riesgos de Trabajo*” (SRT), se realizará una estimación de los beneficios que obtendrá la empresa, en materia de seguridad, mediante el desarrollo del proyecto. Es decir, debido a las distintas mejoras realizadas en el sector se logra una mayor prevención de accidentes, lo que supone un beneficio económico para la empresa. En esta sección se realizará un análisis para determinar estos beneficios económicos.

En primera instancia es necesario clasificar los posibles accidentes que pueden presentarse en el sector de molinera actual, que serán evitados, en gran medida, como consecuencia de las mejoras proyectadas. Para esto se deben identificar los riesgos que representa actualmente el sector y las distintas operaciones llevadas a cabo por los operarios que pueden considerarse riesgosas. A continuación se expresan algunos de los riesgos presentes, siguiendo los lineamientos brindados por la SRT, agrupados según los equipos y operaciones que realizan los empleados:

- Sierra circular de banco: riesgo de cortes superficiales, heridas cortantes y amputaciones como consecuencia de la ausencia de la protección del disco de corte y medios de manipulación.



*Figura 298. Disco de corte de la sierra circular de banco sin protección*

- Molino a martillos: riesgo de contusiones menores, lesiones superficiales, traumatismos internos, torceduras, luxaciones, esguinces y fracturas cerradas debido a que la alimentación de material, en el mismo, se realiza manualmente en altura y sobre un andamio. Además, hay gran cantidad de agua en la zona, lo que maximiza los riesgos de caídas.



*Figura 299. Operaciones inseguras en la alimentación del molino a martillos*

- Molino a cuchillas: riesgo de contusiones menores, lesiones superficiales, distensiones musculares, torceduras y esguinces como resultado de la alimentación en altura, sobre un escalón. Además, es necesario mencionar que, cuando el material proviene de una primera etapa de trituración en el molino a martillos, se lleva a cabo en primera instancia una recolección del mismo a nivel del suelo, mediante la utilización de una pala. También se debe considerar, nuevamente, la presencia de agua en el suelo del sector.



*Figura 300. Esfuerzo físico y operaciones inseguras en el molino a cuchillas*

- Envasado del material: riesgo de contusiones menores, lesiones superficiales, distensiones musculares, torceduras y esguinces debido a que el envasado se realiza de forma manual, sobre un escalón, y las operaciones necesarias para retirar el material del tanque de lavado no son convenientes.
- Transporte hasta el depósito: riesgo de distensiones musculares, torceduras y esguinces como consecuencia de la manipulación manual de las bolsas con material molido, que poseen un peso aproximado de hasta 25 [kg]. Es necesario destacar que no se utiliza ningún elemento de transporte para minimizar el esfuerzo físico.
- Instalación eléctrica: riesgo de electrocución y accidentes relacionados debido a las distintas falencias que posee el sistema eléctrico, sumado a la existencia constante de agua en el sector.

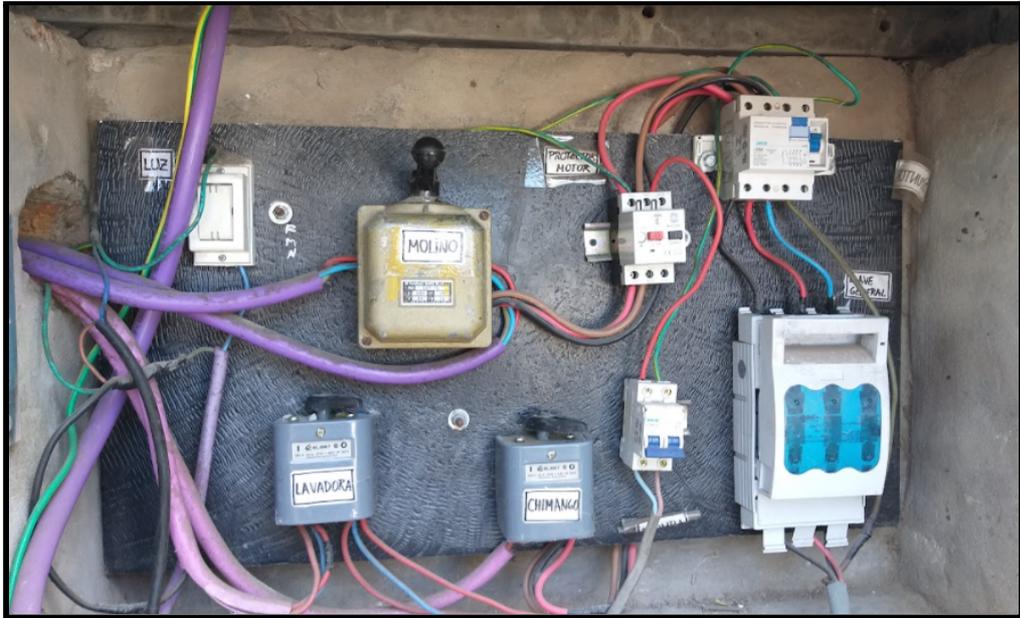


Figura 301. Conexiones inseguras en tablero eléctrico del sector de molienda

- Sector a la intemperie: riesgo de insolación y efectos de calor debido a la inexistencia de un cerramiento adecuado y el trabajo en días de verano en horas del mediodía, siendo que en algunos períodos la temperatura puede alcanzar valores cercanos a 40 [°C].

A continuación se realiza una clasificación de los riesgos expuestos (Tabla 180). De acuerdo a los lineamientos establecidos por la SRT, los mismos pueden ser de tipo leves, intermedios o graves. Cabe mencionar que para realizar una valoración económica de los posibles accidentes es necesario determinar una frecuencia esperable de ocurrencia de los mismos. Además de este factor, también es preciso definir la cantidad de días de inhabilitación de los operarios como consecuencia del tipo de accidente a los cuales se encuentran expuestos. Estos parámetros fueron estimados en función de distintos datos extraídos de informes estadísticos, brindados por el sitio web de la SRT.

Tabla 180. Clasificación de los riesgos

Días de inhabilitación	Frecuencia esperable	Clasificación de la lesión	Riesgo de accidente
10	1 cada año	Leve	- Lesiones superficiales, cortes y contusiones menores - Torceduras - Efectos de calor e insolación
35	1 cada 3 años	Intermedia	- Heridas cortantes - Luxaciones - Esguinces - Efecto de la electricidad
120	1 cada 5 años	Grave	- Amputaciones - Fractura cerrada

Una vez establecidos los días de inhabilitación, según el tipo de lesión esperable, es posible realizar una valoración económica de los costos directos e indirectos que implica la ocurrencia de un accidente.

Los costos directos son los que mejor se pueden apreciar y son fácilmente mensurables. Los mismos son cubiertos por la “Aseguradora de Riesgo de Trabajo” (ART), en ellos se consideran los gastos médicos, el traslado del herido, la rehabilitación, los remedios, el sueldo del accidentado, la indemnización en caso que corresponda, entre otros.

Por otra parte, los costos indirectos son aquellos que no se pueden detectar fácilmente y se caracterizan por ser difíciles de valorar económicamente. Actualmente se ha establecido que los mismos poseen aproximadamente un valor cuatro veces mayor al de los costos directos, esta es una relación promedio que ha sido aceptada como válida para los criterios de cálculo. A continuación se presenta una lista con las distintas circunstancias que implican costos indirectos para la empresa:

- Jornales de los primeros 10 días de ocurrido el accidente.
- Tiempo dedicado a primeros auxilios, asistencia médica primaria y elementos utilizados en el lugar de trabajo donde ocurre el accidente.
- Reposición de bienes y/o materiales deteriorados.
- Mantenimiento por roturas o desperfectos producidos por el accidente.
- Incorporación de personal capacitado para reemplazo del accidentado.
- Horas extras del personal idóneo para cubrir producción ó servicio faltante por ausencia del trabajador accidentado.
- Capacitación de nuevo personal, para cubrir vacantes por ausencia del accidentado.
- Producción y utilidades pérdidas debido a la ausencia del accidentado, si no es posible reemplazarlo.
- Menor rendimiento temporal del lesionado, una vez que regresa al trabajo.
- Menor producción debido al menor rendimiento del nuevo trabajador.
- Pérdida de venta por disminución de producción.
- Pérdida de mercado por incumplimiento de plazos o cantidad de producción acordada.
- Pérdida de imagen de la Empresa y/o sus productos.
- Multas por incumplimiento de compromisos contraídos.
- Tiempo perdido por el personal en el momento del accidente.
- Tiempo para la elaboración de la denuncia del accidente e investigación del hecho ocurrido.
- Costas por demandas y/o juicios por la vía Civil.

La importancia de poder valorizar los costos indirectos recae en que los mismos no se encuentran asegurados, por lo tanto, están a cargo de la empresa. En primer lugar es necesario definir los costos directos, para luego determinar el valor aproximado de los costos indirectos, mediante la relación mencionada anteriormente.

Los costos directos están definidos principalmente por el sueldo del accidentado. Debido a que se tiene conocimiento del valor exacto de la hora de trabajo, en la empresa, es posible considerar únicamente este parámetro para establecer un estimado de los costos directos. A partir de esto, se aproximan los costos indirectos considerando que son cuatro veces mayores a los directos.

Tabla 181. Costos directos e indirectos estimados

Lesión	Ausentismo		Costos por operario accidentado		
	Días	Horas	Costo por hora	Costos directos	Costos indirectos
Leve	10	80 [h]	748,30 [\$/h]	\$ 59.864,00	<b>+ \$ 239.456,00</b>
Intermedia	35	280 [h]		\$ 209.524,00	<b>+ \$ 838.096,00</b>
Grave	120	960 [h]		\$ 718.368,00	<b>+ \$ 2.873.472,00</b>

Es necesario mencionar que los costos indirectos representarán un beneficio en el flujo de caja, debido a que los mismos son accidentes que se previenen, parcial o totalmente, como consecuencia de las modificaciones proyectadas en el sector. Además, se tendrá en cuenta la frecuencia de ocurrencia mencionada anteriormente (Tabla 180), con la característica de que los mismos son excluyentes entre sí.

## 8.8 Flujo de caja

En esta última sección se detalla el flujo de fondos correspondiente al presente proyecto, en el mismo se expondrán los distintos costos y beneficios que se determinaron en las secciones anteriores. Además, mediante estos valores, se realiza el cálculo de los indicadores económicos denominados Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El valor actual neto es un criterio de inversión que consiste en actualizar los ingresos y egresos de un proyecto, para conocer cuánto se va a ganar o perder con la inversión que el mismo supone. Para este índice existen tres posibles resultados, cada uno con su respectivo criterio:

- Si el VAN es igual a cero se determina que el proyecto no dará ganancias ni pérdidas, es decir, es indiferente.
- Si el VAN es menor a cero se considera que el proyecto no es viable.
- Si el VAN es mayor a cero se asume que el proyecto será rentable.

La tasa interna de retorno es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para quien lleve a cabo un proyecto. Para este índice, al igual que con el VAN, existen tres posibles resultados, cada uno con su respectivo criterio:

- Si la TIR es igual a la tasa de interés adoptada el proyecto en principio debe ser rechazado. Se podría decidir invertir, pero a nivel financiero no se compensa asumir dicho riesgo.
- Si la TIR es menor a la tasa de interés adoptada se determina que el proyecto debe ser rechazado.
- Si la TIR es mayor a la tasa de interés adoptada el proyecto será viable y puede ser aprobado.

Además de determinar la viabilidad del proyecto, por medio de los indicadores mencionados (VAN y TIR), también se podrá definir el plazo estimado de amortización de la inversión y la tasa a la cual se realizará. Para esto se lleva a cabo el análisis del flujo de caja del proyecto, el mismo es proyectado a cinco años considerando la inestabilidad económica del país y las posibilidades financieras de la empresa.

Previamente, es necesario determinar una tasa de interés que represente la rentabilidad mínima que se le exige al proyecto. Para esto se

considera la tasa de interés de un plazo fijo, siendo esta una inversión alternativa con un riesgo financiero mucho menor al proyecto considerado. Se tienen en cuenta las tasas vigentes de un plazo fijo del “Banco de la Nación Argentina” (Figura 302). Finalmente, considerando una inversión en pesos mayor a un millón, perteneciente al sector privado, se define una tasa de interés del 34%.

## Tasas

### Consulta de Tasas Vigentes

DEPÓSITOS A PLAZO FIJO EN PESOS SECTOR PRIVADO																
Tasas por Sucursal				Tasas Canal electrónico				Tasas Canal electrónico Nación Empresa 24				Tasas Canal Web				
Mínimo \$1.500				Mínimo \$500				Mínimo \$10.000				Mínimo \$1.500				
Personas Humanas hasta \$1.000.000 (*)		Resto		Personas Humanas hasta \$1.000.000 (*)		Resto		Personas Humanas hasta \$1.000.000 (*)		Resto		Personas Humanas hasta \$1.000.000 (*)		Resto		
Rango de Plazo (días)	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA	TNA	TEA
De 30 a 370	37,00%	43,98%	34,00%	39,84%	37,00%	43,98%	34,00%	39,84%	37,00%	43,98%	34,00%	39,84%	37,00%	43,98%	34,00%	39,84%

(\*) Total acumulado de depósitos en Inversiones a Plazo Fijo.  
TEA informada para el día de inicio de carga rango de plazo

Figura 302. Tasas vigentes de plazos fijos (“Banco de la Nación Argentina”)

Una vez definida la tasa de interés es posible determinar la tasa de descuento. La misma es una aproximación financiera que define el valor presente de una suma futura y es requerida para el cálculo del VAN. Puede determinarse de la siguiente manera:

$$d = \frac{i}{1 + i} = \frac{34\%}{34\% + 1} = 25\%$$

Seguidamente se detalla el flujo de caja anual (Tabla 182), en donde se puede visualizar de manera general el comportamiento de la inversión y los distintos ingresos y egresos, definidos en las secciones anteriores, a través de los años de duración del proyecto. Es necesario aclarar que la inversión

inicial está dada por el presupuesto total del proyecto obtenido en la Sección 6.10.2, el cual tiene un valor de \$3.480.746.

Tabla 182. Flujo de caja anual del proyecto

FLUJO DE CAJA ANUAL	Momento 0	AÑOS				
		1	2	3	4	5
Inversión	- \$3.480.746					
Costo por aumento de la mano de obra		- \$397.570	- \$567.957	- \$567.957	- \$567.957	- \$567.957
Costo por aumento del consumo eléctrico		- \$35.800	- \$51.143	- \$51.143	- \$51.143	- \$51.143
Costo por mantenimiento		- \$133.217	- \$144.907	- \$144.907	- \$144.907	- \$144.907
Beneficio por plástico molido comercializable		\$1.348.027	\$1.925.753	\$1.925.753	\$1.925.753	\$1.925.753
Beneficio por plástico molido para inyección		\$1.039.156	\$1.484.509	\$1.484.509	\$1.484.509	\$1.484.509
Beneficio por la prevención de accidentes		\$239.456	\$239.456	\$838.096	\$239.456	\$2.873.472
<b>Flujo de fondos</b>	<b>- \$3.480.746</b>	<b>\$1.820.597</b>	<b>\$2.646.256</b>	<b>\$2.646.256</b>	<b>\$2.646.256</b>	<b>\$2.646.256</b>
<b>VAN por período</b>	<b>- \$3.480.746</b>	<b>- \$1.686.318</b>	<b>\$137.715</b>	<b>\$1.726.821</b>	<b>\$2.681.855</b>	<b>\$3.997.276</b>

A continuación se presentan los valores obtenidos (Tabla 183) para los indicadores económicos VAN y TIR, considerando el período de cinco años establecido.

Tabla 183. Indicadores económicos del proyecto

VAN	TIR
<b>\$ 3.997.276</b>	<b>74 %</b>

Una vez calculados los indicadores económicos del proyecto, se debe estudiar la viabilidad del mismo. En primer lugar se analiza el resultado del VAN, que, como se puede observar, el valor obtenido es ampliamente mayor a cero. Por lo tanto, este índice presenta resultados favorables para el proyecto, denotando un elevado ingreso neto al final del período considerado.

En segundo lugar, se puede apreciar que la tasa interna de retorno obtenida (74%) es mayor al valor de la tasa de interés adoptada (34%). Por

lo tanto, este índice presenta resultados favorables, indicando una elevada rentabilidad del proyecto durante el período considerado.

Con el análisis realizado, se puede afirmar con certeza que el proyecto es viable de llevarse a cabo, en materia económica. Además, se puede apreciar que la inversión será recuperada a partir del segundo año de haber implementado el proyecto. Esto queda definido por el flujo positivo resultante en el cálculo del VAN por período, que se presenta a partir del segundo año en el flujo de caja anual (ver Tabla 182).

Por último, se debe mencionar que también se realizó un análisis mensual detallado de cada año, con el fin de visualizar, con una mayor aproximación, el momento en que se recupera la inversión inicial y se comienza a tener ingresos acumulados positivos. El resultado obtenido en dicho análisis determinó que la inversión será recuperada a partir del mes nueve, del segundo año del proyecto. Esto significa que se necesitarán de 16 meses de producción en el sector para obtener el recupero de la inversión. Las tablas correspondientes al estudio mencionado se encuentran adjuntadas en el Anexo D, debido a la extensión que las mismas poseen.

A continuación se presenta una gráfica (Figura 303), con la evolución del flujo de caja mensual, donde se puede ver el quiebre a partir del cual los ingresos acumulados son positivos.

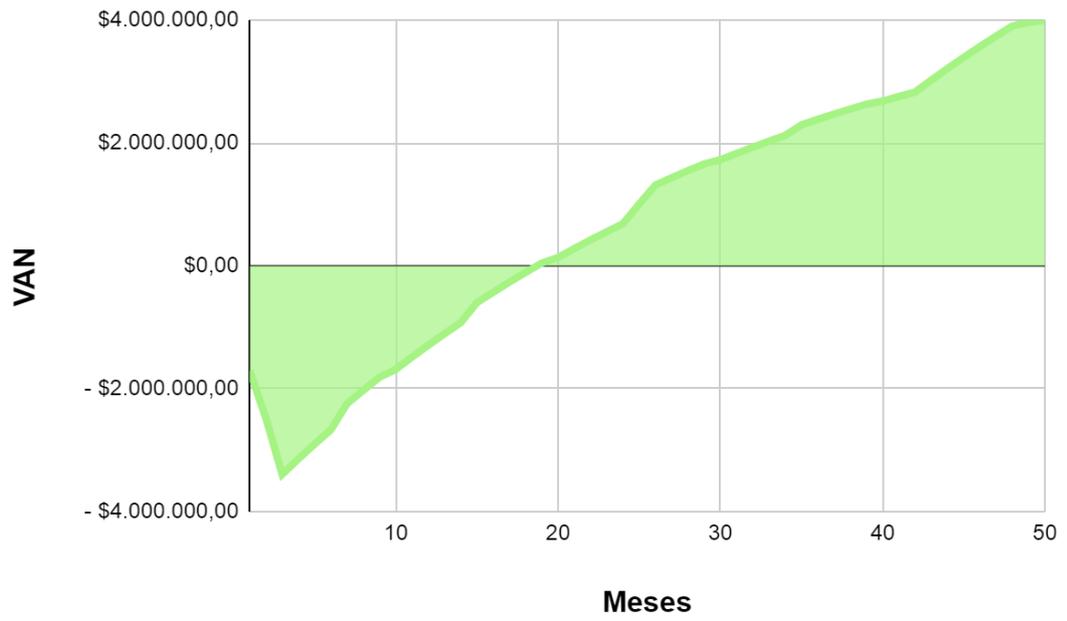


Figura 303. Gráfica de la evolución del flujo de caja mensual del proyecto

## CONCLUSIÓN

---

---

El principal objetivo del presente proyecto ha sido lograr una mejora integral en el sector de molienda de la empresa Quanta Reciclaje. Luego del desarrollo realizado, se puede concluir que dicho objetivo puede ser satisfactoriamente alcanzado mediante la implementación del presente proyecto.

A través de la aplicación del proyecto se pretende lograr diversas mejoras en diferentes aspectos. En cuanto a la producción del sector, se puede destacar que la misma tendrá un gran incremento y una considerable mejora en términos organizacionales, logrando una producción constante de forma anual, a diferencia de la metodología actual. Con el esquema productivo proyectado se obtendrá una mejora en la eficiencia del trabajo, reduciendo tiempos operacionales e improductivos.

Es necesario mencionar que el sector proyectado será totalmente operado por un único empleado de la empresa, cuando en la actualidad se requiere, habitualmente, de dos empleados y hasta de tres en ciertas circunstancias. Además, el mismo no requiere un alto grado de capacitación para operar la línea productiva. Es importante remarcar que ningún empleado será desafectado de la empresa, debido a que los mencionados también realizan trabajos en el sector de inyección. Por lo tanto, podrán desempeñarse completamente en dicha actividad, la cual a su vez presentará un aumento de producción debido a la mayor cantidad de material molido disponible y a las proyecciones futuras de crecimiento de Quanta.

Un aspecto fundamental a remarcar, dentro del desarrollo del proyecto, es la implementación de un cerramiento con techo que permite mejorar significativamente las condiciones laborales en el sector. Destacando la posibilidad de continuar con la producción a pesar de presentarse inclemencias climáticas desfavorables, lo que actualmente no es posible o

se dificulta en días de lluvia o vientos fuertes. Además, se consigue proteger al operario de la exposición solar en días de altas temperaturas, lo que puede resultar perjudicial para la salud del mismo. Otro aspecto importante a resaltar es la mayor conservación de los diferentes equipos que componen la línea productiva, disminuyendo el deterioro de los mismos.

Dentro de los beneficios proyectados para el sector de molienda, se debe destacar el notable mejoramiento obtenido en materia de higiene y seguridad laboral. Con los diferentes cambios y modificaciones realizadas a los equipos específicos y al esquema de trabajo del sector, se logra una reducción notoria de los riesgos a los cuales el operario se encuentra expuesto en la actualidad. De esta manera se promueve un ambiente de trabajo más seguro, reduciendo la fatiga y el cansancio muscular del operario y previniendo posibles accidentes y enfermedades laborales, lo que implica grandes beneficios tanto para el empleado como para el empleador.

En cuanto a lo referido con la instalación eléctrica del sector, se puede afirmar con certeza que la ejecución del proyecto brindará una mejora sustancial, en cuanto a las condiciones necesarias de seguridad eléctrica para el personal y la instalación, cumpliendo con los requisitos exigidos por las reglamentaciones vigentes y las buenas prácticas en el trabajo. Además, se proporciona un tablero de comando central para la operación de todos los equipos del sector, facilitando la puesta en marcha y parada del proceso productivo. Es necesario aclarar que actualmente los distintos interruptores de encendido de las máquinas se encuentran dispuestos en diferentes ubicaciones, que además no son las correctas. También se debe mencionar que, en la actualidad, la instalación eléctrica del sector presenta grandes déficits en cuestiones referidas a sistemas de protección, secciones de conductores, conexiones de alimentación eléctrica, disposición y cableados de tableros, entre otros. Dichas falencias en la instalación eléctrica podrán ser totalmente normalizadas con el presente proyecto.

Respecto a las mejoras de carácter económico, se puede mencionar principalmente la disminución de los costos productivos del sector. Esto se debe a diversos factores tales como la redefinición del método de producción, la disminución de tiempos improductivos, la reducción del esfuerzo humano y la minimización de operaciones manuales, entre otros. También, es debido destacar que, mediante la implementación del proyecto se logran nuevos ingresos, como consecuencia de la posibilidad de venta de polímeros molidos a empresas que fabrican productos con plástico reciclado. Esto supone un aumento en los beneficios económicos que percibirá la empresa.

Por otra parte se debe mencionar que actualmente la empresa ha sido advertida, en distintas ocasiones, por la ART en relación a aspectos referidos a la higiene y seguridad laboral en el sector. Otra observación que se le realiza a la empresa, en la actualidad, se debe al bajo valor del factor de potencia presente, que es penalizado por la empresa distribuidora del suministro eléctrico. Dichos inconvenientes se verían totalmente resueltos con la aplicación del proyecto planteado, lo que conlleva un beneficio económico para Quanta.

Por último, mediante el desarrollo del análisis económico y financiero llevado a cabo se puede determinar que es factible asumir los riesgos que conlleva la inversión del proyecto, considerando la totalidad de los beneficios expuestos que se lograrán a través de la ejecución del mismo. Es importante destacar que los indicadores económicos obtenidos justifican correctamente la realización del proyecto.

Se puede concluir, entonces, que los objetivos específicos y generales planteados desde un comienzo fueron alcanzados satisfactoriamente. Debido a esto, se espera que el presente proyecto pueda ser de utilidad para la empresa, con el fin de lograr una mejora integral en el sector de molienda, a partir de la implementación parcial o total del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

---

### **Libros:**

- Faires, V. M. (1970). Diseño de elementos de máquinas. (4ª edición). Barcelona. Montaner y Simon, S. A.
- Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. (2ª edición). Madrid. Ediciones del Castillo, S. A.

### **Normas:**

- Normas APA. (2019). Manual de publicación .(7ª edición).
- Normas IRAM. (1990). Manual de normas de aplicación para dibujo técnico. (27ª edición). Buenos Aires.
- Norma AEA 90364. (2006). Parte 7. Sección 771. Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles.

### **Apuntes de la Facultad Regional Paraná:**

- Cátedra de Manejo de Materiales, UTN FRP. Transportadores de cinta [Archivo PDF].
- Cátedra de Manejo de Materiales, UTN FRP. Elevadores a cangilones [Archivo PDF].
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de iluminación [Archivo PDF].

- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de conductores [Archivo PDF].
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de cortocircuito [Archivo PDF].
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Aparatos de protección [Archivo PDF].
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Compensación del factor de potencia [Archivo PDF].

## **Catálogos:**

- Siegling Transilon. Bandas de transporte y procesamiento. Cálculo de la banda transportadora [Archivo PDF].
- Siegling Transilon. Bandas de transporte y procesamiento. Notas técnicas 2 [Archivo PDF].
- Siegling Transilon. Ficha técnica banda E 5/2 0/V4 GSTR negro [Archivo PDF].
- Siegling Prolink. Bandas modulares [Archivo PDF].
- WEG. Motores, automatización, energía, transmisión & distribución y pinturas.
- WEG. Soluciones integradas para instalaciones eléctricas [Archivo PDF].
- WEG. Línea CSW mando y señalización [Archivo PDF].
- WEG. Motor trifásico W22 [Archivo PDF].

- STM. Reductor de tornillo sin fin W [Archivo PDF].
- TISA. Piñones y ruedas para cadenas de rodillos [Archivo PDF].
- TISA. Cadenas a rodillos con aditamentos [Archivo PDF].
- SKF. Rodamientos [Archivo PDF].
- Pluvius. Manual para el usuario: bomba periférica QB [Archivo PDF].
- Spraying Systems Co. Boquillas de aspersión plana [Archivo PDF].
- IMSA. Payton PVC 1,1 kV [Archivo PDF].
- Genrod. Puesta a tierra [Archivo PDF].
- Old's Fer. Catálogo de resortes [Archivo PDF].

### **Sitios web:**

- Quanta Reciclaje. Sitio web de la empresa. <http://www.quanta.com.ar/>
- Trace Parts. Biblioteca de archivos 3D. <https://www.traceparts.com/es/>
- YouTube. Sitio web de vídeos. <https://www.youtube.com/>
- Mercado Libre. Comercio electrónico. <https://www.mercadolibre.com.ar/>
- Forbo. Cintas transportadoras. <https://www.forbo.com/globalentry/es-ar/>
- WEG. Equipamientos electricos .<https://www.weg.net/institutional/AR/es/>

- STM. Reductores. <https://www.stmteam.com.ar/>
- TISA. Transmisiones industriales. <http://tisatransmisiones.com.ar/>
- SKF. Rodamientos. <https://www.skf.com/ar/>
- Spraying Systems Co. Tecnol. de aspersion. <https://www.spraying.com.ar/>
- IMSA. Cables eléctricos. <https://imsa.com.ar/>
- Cifras. Costos de la construcción. <https://www.cifrasonline.com.ar/costos/>
- ENERSA. Cuadro tarifario. <https://www.enersa.com.ar/>
- Ecoplas. Plásticos y medio ambiente. <https://ecoplas.org.ar/>
- SRT. Estadísticas de la Superintendencia. <https://www.argentina.gob.ar/srt>

## **ANEXOS**

---

### **ANEXO A: Planos**

1. Layout: Sector de molienda
2. Sierra circular de banco: Plano general
3. Sierra circular de banco: Piezas
4. Sierra circular de banco: Pedal de accionamiento
5. Sierra circular de banco: Escuadra I
6. Sierra circular de banco: Escuadra II
7. Sierra circular de banco: Protector de disco
8. Sierra circular de banco: Soportes I, II y III
9. Sierra circular de banco: Soporte protector de disco
10. Cinta transportadora I: Plano general
11. Cinta transportadora I: Piezas
12. Cinta transportadora I: Cubrecadena
13. Cinta transportadora I: Soporte conjunto motriz
14. Cinta transportadora I: Borde de contención
15. Cinta transportadora I: Base de apoyo
16. Cinta transportadora I: Estructura
17. Molino a martillos: Plano general
18. Cinta transportadora II: Plano general
19. Cinta transportadora II: Piezas
20. Cinta transportadora II: Estructura de apoyo
21. Cinta transportadora II: Eje motriz y de reenvío
22. Cinta transportadora II: Estructura principal
23. Cinta transportadora II: Placas de rodamientos
24. Cinta transportadora II: Soporte tensor
25. Cinta transportadora II: Sistema de aspersion
26. Cinta transportadora II: Bordos de contención
27. Cinta transportadora II: Bandeja de escurrimiento
28. Cinta transportadora II: Ensamble con tolva de carga

29. Cinta transportadora II: Tolva de carga
30. Molino a cuchillas: Plano general
31. Transportador de tornillo sin fin: Plano general
32. Tanque de lavado: Plano general
33. Tanque de lavado: Piezas
34. Tanque de lavado: Tanque
35. Tanque de lavado: Pala rotativa
36. Tanque de lavado: Rejilla
37. Tanque de lavado: Cubrecadena
38. Tanque de lavado: Soporte conjunto motriz
39. Tanque de lavado: Estructura cangilones
40. Tanque de lavado: Cangilón
41. Instalación eléctrica: Potencia
42. Instalación eléctrica: Iluminación

## **ANEXO B: Presupuestos**

1. Cinta transportadora "M.R.G. Equipamientos S.R.L."
2. Cinta transportadora "M.D.C. Componentes Industriales"
3. Tanque de lavado "Tecnofer Ecoimpianti S.R.L."
4. Materiales estructurales "Pasgal"
5. Bandas de transporte "Uffenheimer"
6. Instalación eléctrica "Noro & Raffaelli S.A."

## **ANEXO C: Cronograma**

## **ANEXO D: Flujo de caja mensual**