

**PLANEACIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS PARA  
EL PROCESO DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO EN LA  
EMPRESA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.**

**XIMENA BLUM GARCÍA  
CARLOS JOSÉ GONZALEZ ROJAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**PLANEACIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS PARA  
EL PROCESO DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO EN LA  
EMPRESA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.**

**XIMENA BLUM GARCÍA  
CARLOS JOSÉ GONZALEZ ROJAS**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
CARLOS BORRÁS PINILLA  
Ingeniero Mecánico**

**Codirector  
ISRAEL RANGEL HERRERA  
Administrador de Empresas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos terminar satisfactoriamente esta etapa de nuestras vidas.

A nuestras familias por todo su apoyo, ayuda y amor incondicional.

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por contribuir a nuestra formación profesional y a sus profesores por todos los conocimientos y herramientas que nos suministraron durante nuestro paso por la Universidad.

Al profesor Carlos Borrás Pinilla, por su orientación durante la realización de este proyecto de grado.

A cada uno de los integrantes de la Empresa Molinos San Miguel S.A en especial al señor Israel Rangel por sus enseñanzas, colaboración y orientación durante el desarrollo de este proyecto.

A todos aquellos amigos y compañeros con los que compartimos buenos y malos momentos, con quienes aprendimos, durante estos años de carrera.

## **DEDICATORIA**

*A Dios, que me permitió cumplir con esta meta.*

*A mi papá, a mi mamá y a Fer, por ser mi mayor motivación.*

*A Carlos, por su amor, apoyo incondicional y quien me enseñó el valor del  
esfuerzo.*

***Ximena Blum García***

## **DEDICATORIA**

*A ese ser superior que me da la vida y que a diario me premia con miles de oportunidades.*

*A mi Mamá, mi Abuela y mi Hermana por su amor y apoyo incondicional durante los momentos buenos y malos de mi vida.*

*A Ximena por su paciencia, amor, ternura y su infinita bondad.*

**Carlos José Gonzalez Rojas**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	30
1. OBJETIVOS.....	32
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	32
1.1.1 Objetivos Específicos.....	32
2. MOLINOS SAN MIGUEL S.A. : GENERALIDADES .....	34
2.1 HISTORIA DE LA EMPRESA .....	34
2.2 MISIÓN .....	35
2.3 VISIÓN.....	35
2.4 POLÍTICA DE CALIDAD .....	36
2.5 VALORES CORPORATIVOS .....	37
2.6 ORGANIGRAMA.....	38
2.7 DESCRIPCIÓN PLANTA MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A : BUCARAMANGA.....	39
2.8 AVANCE PLANTA MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A : SANTA MARTA .....	45
3. MARCO TEÓRICO .....	48
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL .....	48
3.1.1 Recepción y Almacenamiento del Grano.....	48

3.1.2 Limpieza y Acondicionamiento del Trigo.....	49
3.1.3 Molienda .....	50
3.1.3.1 Trituración .....	50
3.1.3.2 Compresión y Reducción de Tamaño .....	50
3.1.3.3 Cernido .....	51
3.1.4 Productos y Subproductos .....	51
3.1.5 Empaque.....	51
3.2 PROCESO DE LIMPIEZA DEL TRIGO .....	52
3.2.1 Separación por tamaño.....	52
3.2.2 Separación por forma .....	53
3.2.3 Separación por peso específico.....	53
3.2.4 Separación por propiedades magnéticas.....	54
3.2.5 Separación de impurezas adheridas.....	55
3.3 PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO.....	56
3.3.1 Humidificador Intensivo en Frío .....	57
3.3.2 Humidificador en Lecho Fluidizado .....	58
3.3.3 Humidificador en Caliente .....	58
3.4 SISTEMAS AUXILIARES.....	59
3.4.1 Sistemas de Transporte de Productos a Granel .....	59
3.4.1.1 Transportador Helicoidal .....	60

3.4.1.2 Transportador de Cadena .....	62
3.4.1.3 Elevador de Cangilones .....	63
3.4.2 Tolvas .....	64
<b>4. PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO .....</b>	<b>65</b>
4.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	65
4.1.1 Flujograma Planta .....	65
4.1.2 Ubicación de los Equipos en el Edificio .....	71
4.1.3 Identificación de Equipos, Accesorios, Herramientas y Utilitajes Necesarios para el Montaje e Instalación de los Equipos.....	76
4.1.4 Planeación de los movimientos de la Maquinaria .....	86
4.1.5 Diagramas de Gantt para las Actividades de Instalación y Montaje de los Equipos Empleados para la Limpieza y el Acondicionamiento del Trigo .....	102
4.2 DESARROLLO Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO.....	112
4.2.1 Planeación Actividades Semanales .....	112
4.2.2 Informes Resultados Semanales .....	114
4.2.3 Control de Insumos.....	123
4.3 CIERRE DEL PROYECTO .....	124
4.3.1 Reporte de Resultados .....	124
4.3.1.1 Terminación del Circuito de Limpieza y Acondicionamiento del Trigo .....	124
4.3.1.2 Otros Adelantos .....	126

4.3.1.3 Evaluación .....	128
5. DISEÑO DE TOLVAS .....	129
5.1 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LAS TOLVAS.....	130
5.2 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA TOLVA .....	132
5.3 DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DE LAS TOLVAS .....	133
5.4 CÁLCULO DEL DESARROLLO DE LA TOLVA PARA EL TRAZADO DE LA PIEZA EN EL TALLER.....	135
6. DISEÑO DE LOS TRANSPORTADORES.....	144
6.1 SELECCIÓN DE LOS ELEVADORES DE CANGILONES .....	144
6.1.1 Clasificación.....	145
6.1.1.1 Conforme al elemento de transmisión al que es acoplado el cangilón ....	145
6.1.1.2 Conforme a la posición del elevador .....	147
6.1.1.3 Conforme al tipo de carga.....	147
6.1.1.4 Conforme al tipo de descarga .....	148
6.1.2 Componentes.....	151
6.1.2.1 Cabeza del elevador .....	151
6.1.2.2 Estructura Central .....	152
6.1.2.3 Elemento de transmisión flexible .....	153
6.1.2.4 Cangilones .....	153
6.1.2.5 Puertas de Servicio .....	155

6.1.2.6 Pie del Elevador.....	155
6.1.2.7 Tensor.....	156
6.1.3 Características del Elevador de Cangilones Escogido.....	156
6.1.4 Cálculos Necesarios para la Selección del Elevador .....	160
6.1.4.1 Determinación de las características del material a ser transportado .....	160
6.1.4.2 Capacidad del Transportador.....	161
6.1.4.3 Determinación del Tamaño del Cangilón .....	161
6.1.4.4 Tamaño de las poleas.....	164
6.1.4.5 Longitud aproximada de la banda.....	165
6.1.4.6 Ancho de la banda .....	166
6.1.4.7 Selección de la banda.....	166
6.1.4.8 Determinación de la potencia necesaria para el transporte de la carga ..	169
6.1.5 Selección del elevador de Cangilones .....	170
6.1.6 Selección del Motoreductor.....	172
6.2 DISEÑO CONCEPTUAL DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL .....	174
6.2.1 Configuración básica .....	174
6.2.2 Consideraciones especiales de diseño según la influencia de las características del material a transportar .....	175
6.2.3 Componentes de un Transportador Helicoidal.....	177
6.2.3.1 Hélice .....	177

6.2.3.2 Ejes de acoplamiento, eje motriz y eje terminal .....	185
6.2.3.3 Rodamientos .....	187
6.2.3.4 Artesa.....	192
6.2.3.5 Tapas de la artesa .....	197
6.2.3.6 Cubiertas para la artesa.....	199
6.2.3.7 Sujetadores para asegurar la cubierta .....	201
6.2.3.8 Entradas y salidas estándar .....	202
6.2.4 Diseño del Transportador.....	203
6.2.4.1 Determinación de las características del material a ser transportado .....	203
6.2.4.2 Capacidad del transportador.....	204
6.2.4.3 Capacidad equivalente.....	205
6.2.4.4 Determinación del Tamaño del Helicoidal.....	207
6.2.4.5 Cálculo de la Potencia Requerida para el Transportador.....	212
6.2.4.6 Torque Transmitido a los Componentes .....	218
6.2.4.7 Selección de los componentes del Transportador .....	220
6.2.4.8 Selección del Motoreductor.....	222
6.2.5 Especificaciones Finales.....	223
6.2.5.1 Transporte del trigo de la salida de los silos de reposo hacia la segunda etapa de limpieza.....	224
6.2.5.2 Transporte del trigo de la salida del sistema de acondicionamiento hacia los silos de reposo .....	224

6.3 DISEÑO TRANSPORTADOR DE CADENA.....	225
6.3.1 Diseño Conceptual.....	226
6.3.1.1 Tipos de Transportadores de Cadena .....	226
6.3.1.2 Cadenas de Transporte .....	230
6.3.1.3 Tipos de Cadenas Transportadoras.....	231
6.3.1.4 Tipos de Suplementos para las Cadenas Transportadoras .....	237
6.3.1.5 Tipos de Pasadores .....	240
6.3.1.6 Enlaces de conexión exteriores de la cadena.....	242
6.3.1.7 Partes de un Transportador de Arrastre .....	245
6.3.1.8 Tipos de carcasa para transportadores de arrastre .....	246
6.3.2 Diseño de Detalle del Transportador de Cadena .....	247
6.3.2.1 Datos de Entrada .....	247
6.3.2.2 Selección general del tipo de cadena .....	248
6.3.2.3 Cálculo de la tensión de la cadena .....	252
6.3.2.4 Cálculo de los piñones.....	256
6.3.2.5 Dimensionamiento de la carcasa del transportador .....	258
6.3.2.6 Soportes para el retorno de la cadena del transportador.....	258
6.3.2.7 Dimensionamiento de Entradas y Salidas.....	258
6.3.2.8 Tabla de especificaciones del transportador.....	259
7. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN.....	260

7.1 ANÁLISIS CONCEPTUAL .....	260
7.2 SELECCIÓN DEL HUMIDIFICADOR .....	264
7.2.1 Rosca Mojado Intensivo BI marca OMAS .....	264
7.2.2 Humidificador BI MIX marca Sangati Berga.....	265
7.2.3 Humidificador Intensivo HBA .....	265
8. PROTOCOLOS DE RECEPCIÓN Y PRIMEROS ARRANQUES DE ELOS EQUIPOS DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO .....	267
9. COSTOS.....	272
9.1 COSTOS DE UN PROYECTO.....	272
9.2 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL MONTAJE MECÁNICO DE LA PLANTA DE MOLINOS SAN MIGUEL .....	273
10. CONCLUSIONES .....	276
CITAS .....	279
BIBLIOGRAFÍA.....	281
ANEXOS .....	284

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Fachada Molinos San Miguel Bucaramanga .....	35
Figura 2. Silos de almacenamiento de trigo .....	40
Figura 3. Planta de Molienda Molinos San Miguel S.A. ....	41
Figura 4. Equipos de limpieza y acondicionamiento del trigo .....	41
Figura 5. Equipos de molienda y cernido del trigo .....	42
Figura 6. Sistema Neumático.....	43
Figura 7. Harina empacada .....	43
Figura 8. Sistema de transmisión de los bancos de molienda .....	45
Figura 9. Planta de Molienda de Santa Marta.....	47
Figura 10. El grano de trigo .....	48
Figura 11. Vibroseparadora .....	52
Figura 12. Separador cilíndrico de alvéolos .....	53
Figura 13. Deschinadora.....	54
Figura 14. Separador magnético tubular.....	55
Figura 15. Pulidora horizontal .....	56
Figura 16. Humidificador intensivo en frío.....	58
Figura 17. Humidificador en caliente.....	59
Figura 18. Transportador helicoidal .....	61
Figura 19. Transportador tipo redler .....	62
Figura 20. Elevadores de cangilones.....	63
Figura 21. Tolva .....	64
Figura 22. Flujograma Molino San Miguel Santa Marta .....	68
Figura 23. Equipos por piso .....	73
Figura 24. Esquema de equipos por piso .....	74
Figura 25. Montacargas .....	77
Figura 26. Tractomula.....	77
Figura 27. Grúa telescópica y montacargas .....	78

Figura 28. Izamiento del cuerpo del filtro JET usando eslingas en banda .....	79
Figura 29. Izamiento del banco de cilindros usando eslingas sujetadas con grilletes .....	79
Figura 30. Grilletes.....	80
Figura 31. Viga de soporte de los bancos de cilindros.....	80
Figura 32. Viga de soporte de equipos y diferenciales .....	81
Figura 33. Pórtico de carga.....	82
Figura 34. Gatos estibadores.....	83
Figura 35. Diferenciales .....	84
Figura 36. Alzaprimas .....	85
Figura 37. Barra de extremo plano .....	85
Figura 38. Bodega zona franca Tayrona.....	87
Figura 39. Instalaciones planta de molienda Molinos San Miguel en Santa Marta	89
Figura 40. Reconocimiento de instalaciones y ubicación final de los equipos por piso .....	90
Figura 41. Recepción de los equipos en las instalaciones de Molinos San Miguel	94
Figura 42. Izamiento del sasor.....	94
Figura 43. Izamiento de guacal que contiene el microfiltro FPG-5.....	95
Figura 44. Posicionamiento del cuerpo cilíndrico del filtro JET .....	95
Figura 45. Izamiento de los ciclones y accesorios del sistema neumático .....	96
Figura 46. Izamiento de la balanza Pond.....	96
Figura 47. Posicionamiento de los bancos de cilindros pequeños.....	97
Figura 48. Posicionamiento de los módulos del plansichter .....	97
Figura 49. Transporte de la tubería del sistema neumático y de los bancos de cilindros.....	98
Figura 50. Izamiento de un banco de cilindros pequeño.....	98
Figura 51. Izamiento de la pulidora horizontal .....	99
Figura 52. Posicionamiento final de los equipos en el primer piso.....	99
Figura 53. Posicionamiento final de los equipos en el segundo piso .....	100
Figura 54. Posicionamiento final de los equipos en el tercer piso.....	100
Figura 55. Posicionamiento final de los equipos en el cuarto piso.....	101
Figura 56. Posicionamiento final de los equipos en el quinto piso .....	101

Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje ....	104
Figura 58. Diagrama de Gantt por Semana, Semana 04/06/2015 .....	113
Figura 59. Primera limpieza .....	124
Figura 60. Segunda limpieza .....	125
Figura 61. Montaje sistema neumático .....	126
Figura 62. Instalación cernedor .....	127
Figura 63. Instalación bancos de cilindros .....	127
Figura 64. Tolva de alimentación .....	129
Figura 65. Tolva de canalización .....	130
Figura 66. Tolvas de canalización necesarias en la sección de limpieza del trigo	131
Figura 67. Entrada rectangular de las tolvas .....	132
Figura 68. Salida circular de las tolvas .....	133
Figura 69. Propiedades de la lámina HR .....	134
Figura 70. Vista superior de la tolva.....	135
Figura 71. Vista frontal de la tolva.....	135
Figura 72. Triángulo para hallar las generatrices.....	138
Figura 73. Trazado de la generatriz g5 en el desarrollo.....	139
Figura 74. Trazado de la generatriz g2 en el desarrollo.....	140
Figura 75. Trazado de la generatriz g1 en el desarrollo.....	141
Figura 76. Trazado de la generatriz g4 y de la generatriz g5 en el desarrollo .....	142
Figura 77. Desarrollo de la tolva .....	142
Figura 78. Elevador de cangilones.....	144
Figura 79. Elevadores de cangilones de cadena .....	145
Figura 80. Elevador de cangilones de banda.....	146
Figura 81. Carga desde tolva de un elevador .....	147
Figura 82. Carga por dragado de un elevador .....	147
Figura 83. Elevadores de descarga centrífuga .....	148
Figura 84. Elevadores de descarga por gravedad libre .....	149
Figura 85. Elevadores de descarga por gravedad dirigida.....	150
Figura 86. Elevadores de descarga positiva .....	150
Figura 87. Componentes de un elevador de cangilones.....	151

Figura 88. Cabeza del elevador .....	152
Figura 89. Estructura central del elevador .....	153
Figura 90. Medidas principales de un cangilón .....	154
Figura 91. Tipos de cangilones .....	155
Figura 92. Pie del elevador .....	156
Figura 93. Unión de banda superpuesta .....	157
Figura 94. Unión de banda yuxtapuesta .....	158
Figura 95. Unión de banda en ángulo .....	159
Figura 96. Unión de banda en cangilón .....	159
Figura 97. Catálogo de selección del cangilón T. Lufelo .....	161
Figura 98. Longitud de la banda .....	165
Figura 99. Catálogo para la selección de la banda .....	168
Figura 100. Elevador de cangilones de la serie 500 .....	171
Figura 101. Motoreductor Sew Eurodrive .....	173
Figura 102. Configuración básica de un transportador helicoidal .....	175
Figura 103. Hélices de construcción continua .....	177
Figura 104. Hélice seccionada .....	178
Figura 105. Orientación de las hélices .....	179
Figura 106. Hélice de paso estándar .....	180
Figura 107. Hélice de paso corto .....	180
Figura 108. Hélice de paso estándar con paletas de mezclado .....	181
Figura 109. Hélice doble .....	181
Figura 110. Hélice cónica .....	182
Figura 111. Hélice con corte y dobléz .....	182
Figura 112. Hélice de paso largo .....	183
Figura 113. Hélice de paso variable .....	183
Figura 114. Hélice tipo listón .....	184
Figura 115. Hélice tipo listón con paletas .....	184
Figura 116. Hélice con cortes .....	185
Figura 117. Hélice con cortes y paletas .....	185
Figura 118. Eje de acoplamiento .....	186

Figura 119. Eje conductor.....	186
Figura 120. Eje terminal.....	187
Figura 121. Rodamientos de bolas .....	188
Figura 122. Rodamientos de rodillos .....	188
Figura 123. Rodamiento de empuje.....	189
Figura 124. Soportes colgantes estilo 220 y 226 .....	190
Figura 125. Soportes colgantes estilo 260 y 270 .....	191
Figura 126. Soportes colgantes estilo 230 y 216 .....	191
Figura 127. Tipos de artesa en U.....	192
Figura 128. Artesa de claro ajustado .....	193
Figura 129. Artesa de claro ancho .....	193
Figura 130. Artesa con refuerzo estructural.....	195
Figura 131. Artesa de fondo removible .....	195
Figura 132. Artesa enchaquetada.....	196
Figura 133. Artesa rectangular.....	196
Figura 134. Artesa tubular .....	197
Figura 135. Tapas de artesa con pie .....	197
Figura 136. Tapa con pedestal .....	198
Figura 137. Tapas de artesa sin pie.....	198
Figura 138. Cubierta formada .....	199
Figura 139. Cubierta plana .....	200
Figura 140. Cubierta triangular .....	200
Figura 141. Sujetador giratorio.....	201
Figura 142. Sujetador giratorio con soporte.....	201
Figura 143. Sujetador de tornillo .....	202
Figura 144. Sujetador de lengüeta.....	202
Figura 145. Entradas y salidas estándar.....	203
Figura 146. Dimensiones recomendadas para el transportador helicoidal .....	220
Figura 147. Dimensiones recomendadas para la artesa.....	221
Figura 148. Dimensiones recomendadas para la cubierta.....	221
Figura 149. Motor seleccionado.....	222

Figura 150. Transportador helicoidal primer piso .....	224
Figura 151. Transportador helicoidal quinto piso .....	224
Figura 152. Cadena plana .....	226
Figura 153. Transportador de arrastre .....	226
Figura 154. Transportador de placas .....	227
Figura 155. Transportador de listones .....	228
Figura 156. Transportador con palas de arrastre .....	228
Figura 157. Transportador de barra transversal.....	229
Figura 158. Partes de una cadena de transporte.....	230
Figura 159. Cadenas transportadoras de rodillos .....	231
Figura 160. Cadenas combinadas .....	232
Figura 161. Cadena de rodillos tipo 1 .....	233
Figura 162. Cadena de rodillos tipo 2 .....	234
Figura 163. Cadena de rodillos tipo 3 .....	234
Figura 164. Cadena de rodillos tipo 4 .....	235
Figura 165. Cadenas transportadoras anticorrosión y antifricción .....	236
Figura 166. Cadenas transportadoras tipo clavija.....	237
Figura 167. Uniones tipo K .....	238
Figura 168. Uniones tipo F.....	239
Figura 169. Uniones tipo G .....	239
Figura 170. Uniones tipo L.....	240
Figura 171. Cadena de pasadores huecos .....	241
Figura 172. Cadena de pasadores sólidos .....	241
Figura 173. Enlace externo remachado .....	242
Figura 174. Pasadores sólidos tipo perno.....	242
Figura 175. Sujeción pasadores por medio de anillos de retención.....	243
Figura 176. Transportador de arrastre .....	244
Figura 177. Partes transportador de arrastre .....	245
Figura 178. Carcasa fondo plano.....	246
Figura 179. Carcasa de fondo redondo .....	247
Figura 180. Rodillo tipo R .....	250

Figura 181. Rodillo tipo S.....	251
Figura 182. Rodillo tipo F.....	251
Figura 183. Aditamento tipo L.....	252
Figura 184. Dimensiones de la cadena.....	255
Figura 185. Nomograma de velocidad admisible.....	257
Figura 186. Mojadora intensiva de trigo.....	262
Figura 187. Paletas para mezclado.....	263
Figura 188. Mojadora Intensiva OMAS.....	264
Figura 189. Humidificador intensivo Sangati Berga.....	265
Figura 190. Humidificador intensivo HBA.....	265
Figura 191. Diagrama de flujo para la realización de los protocolos de recepción y ajustes para los primeros arranques de las máquinas.....	268

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Componentes de un Transportador Helicoidal.....	61
Tabla 2. Estimación del Número Total de Viajes .....	93
Tabla 3. Tiempo Requerido por Viaje .....	93
Tabla 4. Tiempo Total Requerido para el Cargue, Desplazamiento, Descargue y Posicionamiento de los Equipos .....	93
Tabla 5. Control de Insumos.....	123
Tabla 6. Dimensiones de las Tolvas .....	132
Tabla 7. Altura de las Tolvas .....	133
Tabla 8. Densidad del Trigo .....	160
Tabla 9. Características del Elevador Elegido .....	171
Tabla 10. Características del Material.....	203
Tabla 11. Factor CF1 .....	206
Tabla 12. Factor CF2 .....	206
Tabla 13. Factor CF3.....	207
Tabla 14. Determinación del Tamaño del Helicoidal.....	208
Tabla 15. Factor Fb.....	212
Tabla 16. Factor Fd.....	213
Tabla 17. Factor Ff.....	214
Tabla 18. Factor Fp.....	214
Tabla 19. Valores de potencia para cada transportador .....	217
Tabla 20. Factores Sobrecarga Fo .....	217
Tabla 21. Torque Admisible de los Componentes .....	219
Tabla 22. Tamaño Recomendado para los Componentes.....	220
Tabla 23. Especificaciones de Diseño para los transportadores .....	223
Tabla 24. Recomendaciones para la construcción de los transportadores .....	223
Tabla 25. Tipo de Material y Transportador .....	243

Tabla 26. Características del Trigo .....	248
Tabla 27. Selección Sistemas de Transporte .....	249
Tabla 28. Características cadenas RF .....	250
Tabla 29. Características cadena seleccionada.....	254
Tabla 30. Dimensiones cadena seleccionada.....	255
Tabla 31. Características transportador .....	259
Tabla 32. Especificación de los costos del montaje del molino .....	274
Tabla 33. Costos montaje mecánico.....	275

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. GESTIÓN DE PROYECTOS .....	284
ANEXO B. MAQUINARIA POR PISO .....	289
ANEXO C. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....	292
ANEXO D. PLANOS SISTEMAS DE TRANSPORTE Y TOLVAS .....	310

## RESUMEN

**TÍTULO:** PLANEACIÓN, MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS PARA EL PROCESO DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO EN LA EMPRESA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.\*

**AUTORES:** Ximena Blum García, Carlos José Gonzalez Rojas\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Molino, harina de trigo, montaje, protocolos de arranque, transporte de alimentos, transportador helicoidal, elevador de cangilones, transportador de cadena.

### DESCRIPCIÓN:

La demanda de harina de trigo en el país ha hecho que las empresas dedicadas a la realización de este producto vean la necesidad de ampliar su capacidad de producción y de implementar máquinas de última tecnología.

Una planta de molienda de trigo está compuesta por varios circuitos que manejan desde la recepción de la materia prima hasta el empaqueo de los productos. El proceso inicia a partir del recibimiento del trigo, su almacenamiento en silos y de allí se procede al suministro de las cantidades que se requieran para el proceso. El trigo al interior de la planta pasa por etapas de limpieza, acondicionamiento, molturación, cernido, purificación y finalmente se procede al empaqueo de productos y subproductos.

Este trabajo de grado fue desarrollado a partir de la instalación de la nueva planta de molienda de la empresa Molinos San Miguel S.A. y muestra el movimiento de las máquinas desde la bodega de la zona franca hasta la planta, la realización del montaje de los equipos de la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo, la elaboración de los protocolos de recepción y arranque de estos equipos y además el diseño y la selección de algunos sistemas auxiliares como los transportadores helicoidales, los elevadores de cangilones, el transportador de cadena, las tolvas para la comunicación entre las máquinas y la selección del sistema de humidificación del trigo.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: PHD. Carlos Borrás Pinilla, Ingeniero Mecánico. Codirector: Israel Rangel Herrera, Administrador de Empresas.

## ABSTRACT

**TITLE:** PLANNING, INSTALLATION AND COMMISSIONING OF EQUIPMENTS FOR THE PROCESS OF CLEANING AND CONDITIONING OF WHEAT IN THE COMPANY MOLINOS SAN MIGUEL S.A.\*

**AUTHORS:** Ximena Blum García, Carlos José Gonzalez Rojas\*\*

**KEYWORDS:** Mills, Wheat flour, Installation, Protocols commissioning of equipment, Mechanical conveying of food, Screw conveyor, Bucket Elevator, Flow mass conveyor.

### DESCRIPTION:

The demand of wheat flour in the country has made that companies dedicated with the production of this flour, see the necessity to expand their capacity of fabrication and implement new machines with the most advanced technology.

A Factory of Wheat Milling is formed by some circuits that handle since the reception of the raw material until the packaging of the products. The process starts with the reception of the wheat, it is stored in silos and then the wheat is measured in little quantities, it depends of the necessity of the process. The wheat inside the building crosses phases of cleaning, conditioning, milling, sifting and refinement, finally the products and by-products are packed.

This thesis degree was developed thanks to the installation of the new Wheat Milling Plant of Molinos San Miguel S.A. and shows the movement of the machines since the hold until the plant, how was organized the machinery of the cleaning and conditioning section, the elaboration of the protocols for commissioning of equipment and in addition the design and selection of some auxiliary systems like the screw conveyors, the bucket elevator, the flow mass conveyor and the bins for the communication between the machines and the selection of the Wheat Humidification System.

---

\* Degree Thesis

\*\* Physical Mechanical Engineer Faculty, Mechanical Engineering School. Director: PHD. Carlos Borrás Pinilla, Mechanical Engineer. Codirector: Israel Rangel Herrera, Business Administrator.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que ayudan a evaluar el crecimiento de un país, es el nivel de industrialización en que este se encuentra. Durante las últimas décadas nuestro país ha venido sufriendo un proceso de desindustrialización, que se verifica en el agotamiento tecnológico, la inestabilidad económica, la desaceleración del crecimiento, la falta de diversificación productiva, entre otros. Por tal razón uno de los objetivos que se deben impulsar desde las escuelas de Ingeniería de las Universidades de Colombia, es la creación de nuevas empresas o la colaboración en el crecimiento de otras ya existentes, que ayuden a satisfacer las necesidades locales e internacionales, generando nuevos empleos y brindando desarrollo y nuevas ideas para la evolución de la humanidad.

Este proyecto va dirigido directamente a la Industria Harinera Colombiana, y consiste en la colaboración con el montaje de un nuevo Molino de Harina de Trigo en la ciudad de Santa Marta. Esta necesidad nació de un Molino ya existente en Bucaramanga, que gracias a su larga trayectoria en el mercado y la buena calidad de sus productos, ha generado un mayor consumo por parte de sus clientes y la ampliación de la visión que tenían de la empresa sus líderes.

El proyecto del nuevo Molino de la empresa Molinos San Miguel S.A. tiene como objetivo principal el aumento de su producción de harina de trigo, pero además busca que el proceso de producción se automatice y se alcancen altos estándares de calidad que en un futuro amplíen su mercado localmente e incluso internacionalmente.

Con el fin de contribuir al crecimiento y desarrollo de la empresa Molinos San Miguel S.A., este trabajo de grado se enfocó en la instalación de la maquinaria

necesaria para los circuitos de limpieza y acondicionamiento del trigo que hacen parte de la fase inicial de la producción de la harina.

Para empezar se hizo la planeación del movimiento de las máquinas hacia el edificio, se elaboró un análisis de tiempos, personal y herramientas necesarias para dicho fin y se planteó un cronograma para llevar a cabo todo el montaje del molino.

Se participó en el diseño de los transportadores que llevan el trigo desde los silos de almacenamiento hacia el edificio de producción y entre las fases de limpieza y acondicionamiento y con el diseño de otros accesorios como las tolvas que sirven de conexión entre las máquinas. Se contribuyó con la redacción y organización de los protocolos para los primeros arranques de las máquinas del circuito. Y además se colaboró activamente en la programación y preparación del montaje e instalación de las máquinas y accesorios de otros circuitos.

La metodología que se empleó para el diseño de los transportadores consistió en un análisis conceptual, donde se conoce a ciencia cierta el objetivo de cada transportador, los tipos de transportadores que se pueden utilizar en empresas de alimentos, las partes que los componen, ventajas, limitaciones, etc. Después se hizo un diseño de detalle, donde se calcula: potencia, torque, fuerzas y capacidades, finalmente se dimensiona el transportador y se plasma en los planos constructivos.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, de preparar ingenieros con alta calidad humana, ética y científica capaces de aportar conocimientos que brinden soluciones a las diferentes necesidades y problemas que se presentan en la industria, mediante la planeación, montaje y puesta en servicio de los equipos necesarios para la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo de la nueva planta de molienda de la empresa MOLINOS SAN MIGUEL S.A.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Elaborar la planeación y programación para la instalación de los equipos del molino, ejecutando específicamente las siguientes tareas:
  - Desarrollar un flujograma que represente la función de cada uno de los equipos empleados en el proceso de molienda de la empresa MOLINOS SAN MIGUEL S.A.
  - Identificar los equipos y accesorios requeridos por cada planta del molino.
  - Ubicar adecuadamente los equipos en cada una de las plantas del edificio.
  - Determinar las herramientas y utilitajes necesarios para la instalación de los equipos.
  - Estimar el tiempo requerido para el cargue, descargue de los equipos e instalación en el molino.

- Seleccionar los elevadores requeridos para el transporte de doce toneladas de trigo por hora en la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo.
- Diseñar los transportadores de tornillo sin fin y el sistema de transporte tipo redler necesarios para el transporte de doce toneladas de trigo por hora en la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo.
- Diseñar las tolvas necesarias para el descargue del grano de la primera sección de limpieza hacia la sección de humidificación del trigo.
- Seleccionar un sistema de humidificación para el proceso de acondicionamiento del trigo.
- Elaborar los protocolos de recepción y primeros arranques de los equipos empleados en el proceso de limpieza y acondicionamiento del trigo.

## **2. MOLINOS SAN MIGUEL S.A.: GENERALIDADES**

### **2.1 HISTORIA DE LA EMPRESA**

Molinos San Miguel S.A. es una empresa familiar que nace cerca del año 1970, por iniciativa del Señor Horacio Martínez, quien desde joven conoció el proceso básico de la molienda debido al contacto que tuvo con el cultivo y transporte de trigo en Silos (Norte de Santander), de donde es oriundo.

Una vez instalado en la ciudad de Bucaramanga, inicia la molienda de este cereal de forma artesanal obteniendo subproductos especialmente para la alimentación de animales. El nombre de la empresa se le da gracias a que inicialmente se encontraba ubicada en el Barrio San Miguel. Con el tiempo, el crecimiento de la empresa se hizo evidente, no solo por la cantidad de operarios que laboraban en ella sino también por su calidad de producción y uso de nuevas tecnologías, lo que motivó al Señor Martínez en cumplimiento de las normas, a reubicar la planta en un sitio que no fuera domiciliario, de esta forma adquirió un predio en la vía al Café Madrid y allí construyó la planta física.

Actualmente la Empresa Molinos San Miguel S.A. cuenta con una planta física diseñada para llevar el proceso de la molienda en línea y bodegas de almacenamiento del trigo y de producto terminado. Y es dirigida por los hijos del señor Martínez.

Diariamente se muele un promedio de 130 toneladas de trigo. El principal producto que se obtiene es harina de trigo y es distribuido principalmente en las panaderías aunque también hay otras presentaciones en el mercado, la harina de trigo San Miguel se puede encontrar en presentaciones de libra y de kilo, tradicional, leudante y fortificada. También se obtiene la sémola para la elaboración de pastas,

y como subproductos de la molienda del trigo el salvado y la mogolla que son utilizados como alimento para animales.

Figura 1. Fachada Molinos San Miguel Bucaramanga



## 2.2 MISIÓN

Molinos San Miguel SA es una empresa santandereana que a nivel regional abastece de insumos de alta calidad e inocuidad al sector alimenticio panadero, pastero, galletero, aplicando una política de calidad del producto elaborado, mediante el fortalecimiento continuo del personal de planta y los procedimientos involucrados en su fabricación, para satisfacer las necesidades de sus clientes.

## 2.3 VISIÓN

Ser reconocida para los próximos 10 años, como una de las Empresas Harineras líderes en Colombia, en producción y comercialización de harina de trigo y otros productos derivados, así como en calidad, servicio, seguridad, alimentación e

innovación, satisfaciendo las expectativas de nuestros clientes y respetando el entorno que nos rodea.

## **2.4 POLÍTICA DE CALIDAD**

La empresa Molinos San Miguel S.A. especializada en la producción de harina de trigo, brinda a sus clientes productos de alta calidad y se preocupa constantemente por el mejoramiento continuo de sus procesos, llevando a cabo las siguientes actividades:

- La gerencia y todos sus colaboradores tienen la responsabilidad de cumplir y hacer cumplir tanto los lineamientos como las disposiciones legales en materia de calidad e inocuidad.
- Se trabaja con un equipo de colaboradores calificados y motivados.
- Tiene como uno de sus principales objetivos proteger la salud e integridad de sus trabajadores.
- En toda la planta de producción se implementan programas de capacitación encaminados a mantener un alto nivel de higiene en los trabajadores y de esta misma forma se busca la disminución de los focos de contaminación.
- El diseño de todos los procesos incluyen los procedimientos de operaciones, prácticas higiénicas y el equipo de calidad especificando las normas y reglas de calidad e inocuidad que se deben seguir.

## 2.5 VALORES CORPORATIVOS

### *Compromiso:*

Siempre comprometidos con quienes nos han hecho ser lo que somos: Nuestros consumidores, clientes, proveedores, colaboradores, accionistas y con la comunidad en general. El compromiso con todos ellos es el motor que mueve la empresa a diario.

### *Esfuerzo:*

Gracias al esfuerzo de cada uno de los trabajadores y colaboradores que hacen parte de esta gran familia de Molinos San Miguel S.A. la empresa se ha consolidado como una empresa confiable y socialmente responsable a través de productos de alta calidad. Con ese mismo esfuerzo y dedicación Molinos San Miguel S.A. busca ser líder en la producción de harina de trigo en Colombia

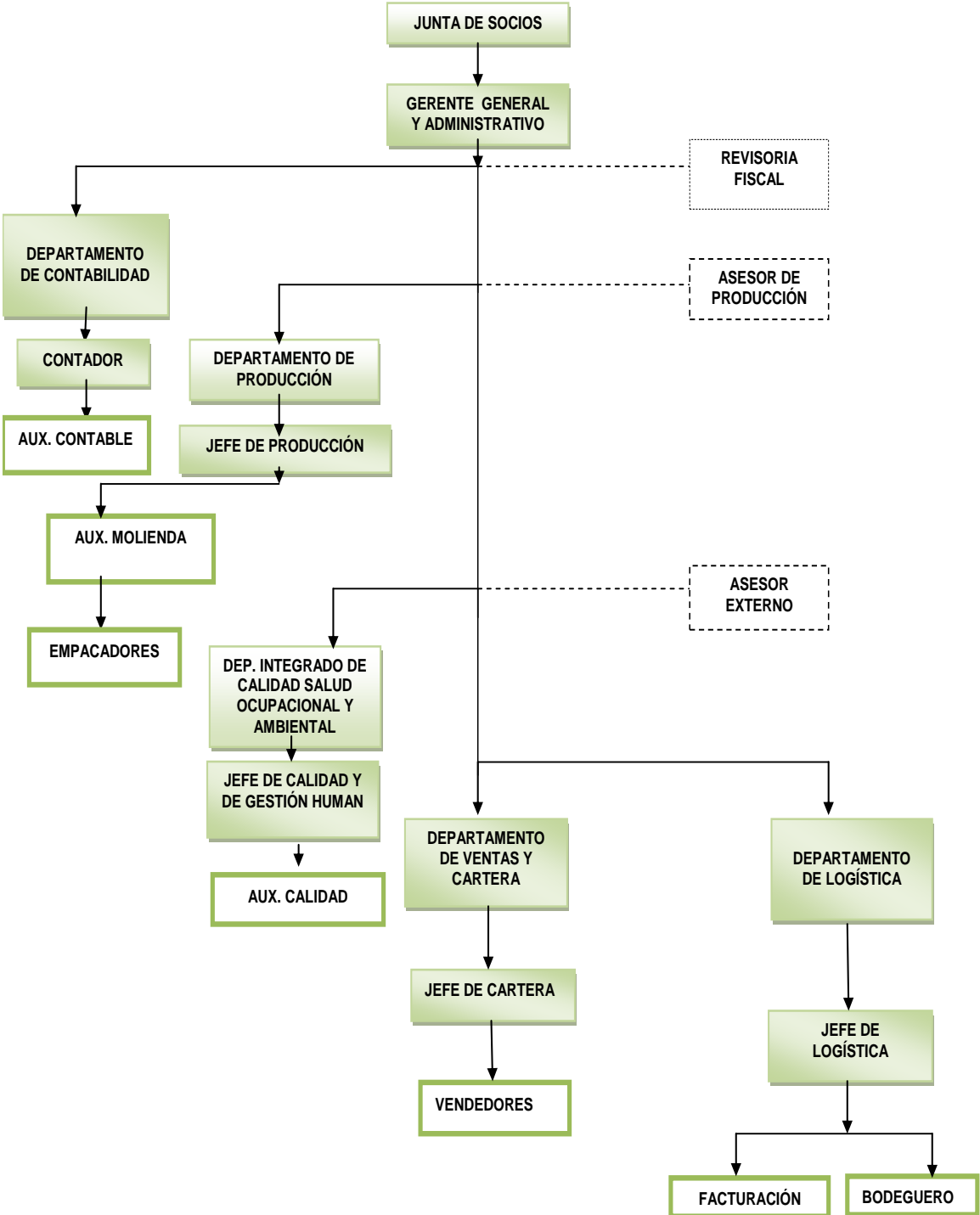
### *Perseverancia:*

La perseverancia siempre ha sido la base del éxito de Molinos San Miguel S.A. que unida a la visión para los negocios de sus dirigentes han logrado mantener la empresa a través del tiempo, superando adversidades y aprendiendo de estas.

### *Trascendencia:*

Molinos San Miguel S.A. se ha abierto paso en el mercado en los departamentos de Santander y Magdalena gracias al reconocimiento y acogida de sus consumidores.

## 2.6 ORGANIGRAMA



## **2.7 DESCRIPCIÓN PLANTA DE MOLIENDA DE LA EMPRESA MOLINOS SAN MIGUEL S.A. BUCARAMANGA**

El proceso realizado por Molinos San Miguel comienza a partir de la compra del trigo. El trigo puede tener diferentes características dependiendo del lugar de donde sea importado y por supuesto del tipo de producto que se quiera producir a partir de la harina de trigo. El trigo común o blando se utiliza para obtener harinas para galletería y el trigo duro para obtener harinas para panificación y para elaborar pastas alimenticias. Los principales países exportadores de trigo son Canadá, Estados Unidos, Argentina, entre otros.

El trigo es enviado a Colombia por vía marítima y recibido en la sociedad portuaria de Santa Marta desde donde es llevado hasta los silos de almacenamiento ubicados en el predio donde se está construyendo la nueva planta de molienda. Allí el trigo es recibido en volquetas y mini mulas que son pesadas en una báscula camionera para realizar el control de la cantidad de trigo que es ingresado. Los vehículos de transporte descargan el trigo en el cárcamo que no es más que una tolva construida bajo el nivel del suelo. En el fondo de la tolva subterránea el trigo es recogido por un transportador helicoidal y posteriormente elevado hasta la parte superior de los silos de almacenamiento mediante un elevador de cangilones y cuando está en la parte superior es desplazado hasta la entrada de los silos mediante transportadores de cadena tipo redler.

El trigo es almacenado temporalmente y semanal o quincenalmente es enviado hacia Bucaramanga para ser procesado en la planta de Molienda con la que se cuenta actualmente. El despacho del trigo se hace descargándolo por la parte inferior de los silos, transportándolo mediante redlers hasta el elevador de

cangilones el cual se encarga de elevarlo y descargarlo a través de un gran conducto circular que permite la carga a granel.

Figura 2. Silos de almacenamiento de trigo



El producto es recibido en la Planta de Molienda de Bucaramanga, allí es almacenado en una bodega desde donde se transporta para ser llevado a la sección de limpieza donde pasa por una zaranda y un imán. Luego de esto el trigo es acondicionado mediante la adición de agua que entregan las cucharas de una turbina pelton encargada de dosificar la cantidad de agua necesaria para que el grano alcance una humedad de alrededor del 16%. El trigo es depositado en los silos de reposo y luego de que se ha esperado un tiempo suficiente para la absorción del agua es enviado hacia los bancos de molienda.

Figura 3. Planta de molienda Molinos San Miguel S.A.



Figura 4. Equipos de limpieza y acondicionamiento del trigo



En la sección de molienda es realizada la molturación del grano, en la cual se va obteniendo la harina a partir del endospermo del trigo. En esta parte el trigo es conducido hacia los bancos de cilindros los cuales se encargan de triturar y posteriormente reducir el trigo. El proceso de molienda es complementado por la sección de cernido realizada por el Plansichter y los sasores donde el producto de salida de los bancos es seleccionado para ser nuevamente triturado, reducido o llevado para el proceso de empaque.

Figura 5. Equipos de molienda y cernido del trigo



El transporte de la harina de trigo a lo largo de la planta es realizado mediante un sistema neumático constituido por una flauta y un conjunto de ciclones conectados a una turbina.

Figura 6. Sistema neumático



Dentro del proceso son realizadas una serie de aspiraciones para eliminar el polvo y las partes menos densas contenidas en el trigo las cuales son llevadas hasta un filtro y posteriormente evacuadas hacia la atmósfera.

Finalmente la harina y los subproductos producidos son llevados hasta la sección de empaque donde el producto es empacado en las diferentes presentaciones en las que es comercializado.

Figura 7. Harina empacada



La edificación donde funciona la planta de molienda de Bucaramanga fue construida desde 1970 por lo cual ha sido sometida a muchas remodelaciones

para poder adaptar las máquinas en sus instalaciones. Los equipos con los cuales se realiza el procesamiento del trigo tienen aproximadamente más de veinte años de uso pero en general están en un buen estado de conservación y funcionamiento.

Algunas de las secciones utilizadas en la Planta de Bucaramanga están en desventaja con los procesos utilizados actualmente en las nuevas plantas. La sección de limpieza utilizada actualmente cuenta con tan solo 2 equipos para la adecuada selección del trigo frente a los 4 o 5 equipos que utilizan las actuales plantas de procesamiento de trigo.

La sección de molienda cuenta con una transmisión mediante ejes para el movimiento de los rodillos de los bancos de molienda, mientras que en las plantas actuales se utilizan motores individuales para cada uno de los bancos. El uso de sistemas de transmisión individuales evita que se detengan todos los bancos de cilindros cuando va a ser efectuada alguna tarea de mantenimiento en solo uno de ellos y además facilita la alineación de las correas de transmisión.

La planta de molienda de Bucaramanga trabaja siempre a máxima capacidad debido a la gran demanda de harina de trigo que tiene Molinos San Miguel S.A. en el mercado, gracias a la buena relación calidad-precio que manejan sus productos. Los equipos actualmente utilizados requieren de bastante supervisión y debido a su diseño antiguo no cuentan con las condiciones de seguridad ni con la tecnología que en un corto plazo va a ser exigida para el tratamiento de este tipo de alimentos.

Figura 8. Sistema de transmisión de los bancos de molienda



## **2.8 AVANCE PLANTA MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.: SANTA MARTA**

Debido al gran crecimiento que en los últimos años ha tenido la empresa Molinos San Miguel S.A. sus accionistas decidieron invertir en la construcción de una nueva Planta de Molienda de harina de trigo. La opción de realizar la planta en la ciudad de Santa Marta fue considerada como una ventaja estratégica debido a su cercanía al puerto con lo cual se disminuirían los gastos de almacenamiento y transporte y además permitiría la expansión del mercado hacia la zona norte del país.

La construcción de la Planta empezó con la instalación de cuatro silos para el almacenamiento del trigo y posteriormente se comenzó el desarrollo de la infraestructura para la planta de molienda.

Los planos para el desarrollo de la edificación y la selección y determinación de los equipos para cada una de las secciones fueron desarrollados por los

ingenieros de la Empresa Sangati Berga la cual está ubicada en Brasil y está dedicada a la elaboración de todo tipo de equipos para molinería. Tanto la edificación como la selección de los equipos fue proyectada para que inicialmente se procesen seis toneladas de trigo por hora pero fueron dejadas las instalaciones necesarias para que en un mediano o corto plazo se instalen los equipos para procesar por lo menos otras seis toneladas de trigo por hora.

Los equipos que fueron comprados a la empresa Sangati Berga se destacan por ser equipos diseñados para un alto desempeño, con las últimas tendencias tecnológicas en el desarrollo de máquinas para molinería garantizando una alta seguridad y confiabilidad en el proceso y además requiriendo una mínima necesidad de supervisión.

Algunos equipos no fueron comprados directamente a la empresa Sangati Berga debido a la alta inversión que tuvo que ser realizada, por esto fueron compradas algunas máquinas de segunda y se decidió diseñar algunos equipos y sistemas de transporte auxiliares para ser construidos en Colombia.

Debido a la gran cantidad de equipos que se debe instalar y a la complejidad de cada una de las secciones del proceso de producción de harina de trigo la empresa Molinos San Miguel busco el apoyo de dos estudiantes de Ingeniería Mecánica como practicantes, encargados principalmente de la planeación e instalación de los equipos para la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo y también del diseño de algunos equipos de transporte del trigo.

Durante el desarrollo de esta práctica no solo se realizarán las tareas antes mencionadas sino también se brindará apoyo a la instalación y montaje de los equipos del resto de las secciones de la planta de molienda.

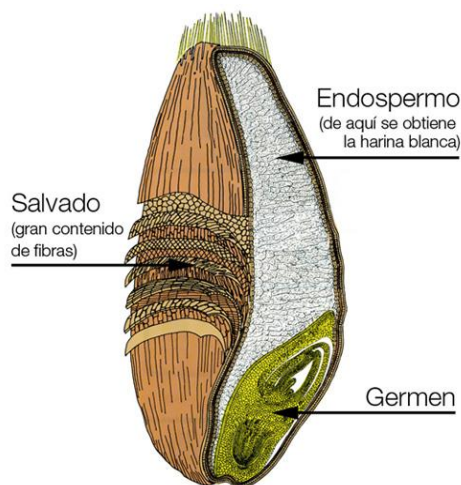
Figura 9. Planta de Molienda de Santa Marta



### 3. MARCO TEÓRICO

El principal objetivo de la molienda del trigo es la obtención de harina de trigo, a partir de la separación del endospermo del salvado y del germen del grano.

Figura 10. El grano de trigo



Fuente: GLYPTODONT. El trigo [Online]. Citado [13/03/2015]. Disponible En: [http://www.glyptodont.com/demo\\_online/tamiz\\_09/glyptodon/clase01/main2.html](http://www.glyptodont.com/demo_online/tamiz_09/glyptodon/clase01/main2.html)

A continuación se describe el proceso que se lleva a cabo para la obtención de la harina de trigo.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL

Este proceso se divide en cuatro grandes etapas:

**3.1.1 Recepción y Almacenamiento del Grano.** El transporte de trigo a la empresa desde el puerto es a granel, a partir de su recepción, para cada carga de grano que llega a la empresa se hace un muestreo representativo de la carga de

grano que se va a almacenar, de esta manera se determina la variedad del trigo, su peso específico, el contenido de proteína, el porcentaje de humedad, el porcentaje de impurezas, la actividad enzimática relacionada con la germinación y el porcentaje de granos dañados. A continuación el grano se almacena en los silos metálicos.

**3.1.2 Limpieza y Acondicionamiento del Trigo.** El objetivo de la limpieza del trigo es eliminar todas las impurezas. Inicia con el pesaje del trigo a la salida de los silos con una báscula automática, de esta manera se puede comparar el peso inicial con el final y hacer el cálculo de la cantidad de impurezas presentes en el trigo.

De allí es conducido a una separadora – aspiradora que se encarga de eliminar las impurezas de diferente tamaño, con base en el diámetro de las partículas. Esta máquina está formada por dos tamices que se encuentran ligeramente inclinados y se mueven en vaivén.

Al finalizar, el trigo pasa sobre un dispositivo magnético, equipado de un imán o un electroimán, que retiene las partículas metálicas que pasan por los tamices.

A continuación se eliminan las impurezas que tienen el mismo diámetro del grano de trigo pero diferente longitud en una máquina clasificadora y se procede con el cepillado del trigo para eliminar el polvo adherido.

Finalmente, esta primera etapa de limpieza se culmina con el lavado del trigo que consiste en una ligera adición de agua mientras el trigo se mueve en un tornillo sin fin para eliminar el polvo que se encuentra en la hendidura del grano y que no pudo ser eliminado durante el cepillado.

Ahora el trigo pasa a la fase de acondicionamiento para alcanzar una humedad entre el 16% y el 17%, para alcanzar este porcentaje el trigo se moja con agua fría, en ocasiones con agua caliente o con vapor, y se deja en reposo dentro de unos silos de concreto un lapso de tiempo determinado.

Después de que el trigo llega a la humedad requerida es llevado a un proceso de cepillado similar al anterior y se pasa el trigo por un imán para completar la limpieza y evitar que pasen partículas metálicas que puedan causar daños a los equipos de molienda.

**3.1.3 Molienda.** El principal objetivo de este procedimiento es la obtención de la mayor cantidad de harina de trigo posible, ésta se obtiene del endospermo, la parte harinosa del grano de trigo. Como el grano de trigo tiene un repliegue, más conocido como surco, es imposible eliminar las capas por simple abrasión.

Por tal razón se realizan varios triturados y tamizados, lo que es posible gracias a la diferencia de dureza entre el endospermo que se reduce a partículas finas de harina y la cáscara que es elástica y plástica y queda en formas de placa como salvado.

**3.1.3.1 Trituración.** Esta tarea la realizan un conjunto de cilindros estriados. Los granos sufren un efecto de estiramiento y son cizallados, esto permite el raspado progresivo de las capas del grano de trigo.

**3.1.3.2 Compresión y reducción de tamaño.** Este proceso es llevado a cabo por un conjunto de cilindros lisos. La entrada a estos cilindros es la salida de los cilindros de trituración y la cantidad de harina que se extrae en esta fase es bastante importante.

**3.1.3.3 Cernido.** Es una operación que se hace después de cada paso por los cilindros para clasificar el producto según el tamaño de las partículas. Se hace mediante el uso de tamices de seda (para la harina o la sémola) o de acero inoxidable.

### **3.1.4 Productos y Subproductos.**

*Harina de trigo*, que se obtiene del endospermo y sirve para hacer pan, galletas, pastas, etc.

*Sémola*, está formada por harina y trocitos de salvado, es una harina refinada muy gruesa, este producto se vende a la industria procesadora de pastas.

*Salvado o afrecho*, que se obtiene del salvado o las capas duras del grano y se puede usar para la alimentación de animales y en la producción de harina de trigo integral.

**3.1.5 Empaque.** La harina que se obtiene después de los procesos de trituración y cernido es mezclada con mejorantes y vitaminas para mejorar la panificación, estas sustancias se agregan a la harina por medio de dosificadores que regulan la cantidad de componente a adicionar. Finalmente, la harina es llevada a unos silos verticales y queda dispuesta para almacenamiento o empaque.

Para los subproductos, se mezcla la sémola obtenida de cada banco de molienda para ser vendida a las industrias comercializadoras de pastas, la mogolla se reúne con los residuos de la primera limpieza y se muelen para ser vendidos a las empresas procesadoras de alimentos para animales y el salvado si se comercializa como otro de los productos.

## 3.2 PROCESO DE LIMPIEZA DEL TRIGO

La limpieza del trigo se hace por tamaño, propiedades magnéticas, peso específico y por forma, a continuación se explicará en forma detallada cada uno de los procedimientos que se realizan, los equipos utilizados para llevarlos a cabo y la forma en que estos funcionan.

**3.2.1 Separación por Tamaño.** Para hacer esta separación se utilizan un conjunto de tamices montados sobre bastidores que los mueven horizontalmente en vaivén. El tamiz superior tiene los agujeros redondos de diámetro igual al largo del trigo, de esta manera se eliminan las impurezas gruesas (maíz, pajas, etc.) y el tamiz inferior tiene perforaciones alargadas con un ancho menor al largo del trigo, lo que permite la eliminación de impurezas finas (tierra, palos, etc.)

Figura 11. Vibroseparadora



Fuente: SANGATI BERGA. Vibroseparadora [online]. Citado [04/04/2015].  
Disponble En:  
<<http://www.sangatiberga.com.br/es/produtos/molinos/vibroseparador>.

**3.2.2 Separación por Forma.** Se utilizan unos cilindros clasificadores que eliminan partículas con el mismo grosor del trigo pero de diferente longitud. La superficie interna de los cilindros está provista de depresiones profundas que son penetradas por los granos dependiendo de su longitud. Los alvéolos del largo del trigo ayudan en la separación de la cebada, la avena, etc., mientras que los alvéolos menos largos separan el trigo del sorgo, malezas, etc.

Figura 12. Separador cilíndrico de alvéolos



Fuente: SCHULE. Cilindro Separador Alveolado TR [online]. Citado [04/04/2015]. Disponible En: <[http://www.schulefood.de/schule/files/Prospekte\\_spanisch/FHS08-Trieur-13s.pdf](http://www.schulefood.de/schule/files/Prospekte_spanisch/FHS08-Trieur-13s.pdf)>

**3.2.3 Separación por Peso Específico.** Para este proceso se utiliza una mesa densimétrica, que consiste en una mesa inclinada que tiene un movimiento de vaivén y es atravesada por una corriente de aire. De esta manera los productos más densos se ubican en el fondo de la mesa y por vibración se transportan en sentido contrario a la pendiente de esta y los productos menos densos forman un lecho fluido y caen por la pendiente de la mesa. Finalmente los productos volátiles

son impulsados y succionados por el aire para ser llevados a un ciclón que los acumula y evita la contaminación del ambiente.

Figura 13. Deschinadora



Fuente: SANGATI BERGA. Despedradora Gravimétrica SGS [online]. Citado [04/04/2015]. Disponible En:

<<http://www.sangatiberga.com.br/es/produutos/molinos/despdradora-gravim%C3%A9trica>>

**3.2.4 Separación por Propiedades Magnéticas.** Las trampas magnéticas se utilizan para remover todo el material ferroso que se encuentra en el trigo, por ejemplo tornillos, tuercas, virutas metálicas, etc. Estas trampas se hacen con

materiales cerámicos ya que se puede obtener un campo de atracción de alta intensidad que no se disminuirá con el tiempo y además no consume energía eléctrica.

Figura 14. Separador Magnético Tubular



Fuente: SANGATI BERGA. Aparato Magnético Tubular [online]. Citado [04/04/2015]. Disponible En: <<http://www.sangatiberga.com.br/es/productos/molinos/aparato-magn%C3%A9tico-tubular.>>

**3.2.5 Separación de Impurezas Adheridas.** Consiste en pasar el trigo por un cilindro perforado, o forrado con fino esmeril o provisto de cepillos de tal forma que la cara interna del cilindro rechaza el grano por medio de unos batidores que se

mueven rápidamente y al mismo tiempo empujan el grano a la salida de la máquina. Por medio de este proceso se eliminan pelos, esporos, ácaros y otras partículas adheridas al grano.

Figura 15. Pulidora Horizontal



Fuente: SANGATI BERGA. Pulidora Horizontal [online]. Citado [04/04/2015]. Disponible En: <[http://www.sangatiberga.com.br/sites/default/files/produutos/po-cap\\_a\\_0.jpg](http://www.sangatiberga.com.br/sites/default/files/produutos/po-cap_a_0.jpg)>

### **3.3 PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO**

La importancia del acondicionamiento del trigo radica en ajustar la humedad del grano, perfectamente distribuida, de tal forma que se pueda separar la cáscara y el salvado del endospermo para mejorar la calidad y la eficiencia de la molienda.

La humedad con la que se reciben los granos de trigo está alrededor del 14% y se busca alcanzar una humedad entre el 16% y el 17% adicionando agua por medio de diferentes métodos [1].

Cuando el trigo alcanza la humedad, el salvado se pone blando y menos quebradizo, de esta forma la harina queda menos contaminada de salvado. También facilita la separación del endospermo y se obtiene harina más blanca.

El principal problema del acondicionamiento es alcanzar una humedad completamente distribuida en el grano, ya que las capas del salvado son permeables pero la cabeza del grano también conocida como testa es impermeable lo que impide una difusión de la humedad uniforme, por tal razón es importante dejar reposar el trigo en los silos de descanso o reposo durante 10 a 30 horas de tal forma que el agua penetre a través del endospermo del grano y se difunda a través de este [2].

El acondicionamiento se puede hacer en frío o en caliente, en caliente el tiempo de reposo es menor que el necesario para hacer el acondicionamiento en frío pero se puede deteriorar la calidad del trigo.

**3.3.1 Humidificador Intensivo en Frío.** El sistema de humidificación intensivo permite mejorar la absorción del agua en el grano, produciendo un acondicionamiento más rápido y homogéneo que se ve representado en una disminución de los tiempos de reposo.

El humidificador intensivo está compuesto principalmente por un canal sobre el cual se da el desplazamiento del grano, se agrega el agua y gracias a la configuración de su eje central produce la mezcla intensiva que proporciona rápidamente la humedad al material. Si se quiere un mayor control sobre la humidificación del grano se puede adicionar una unidad de análisis y humidificación que permita calcular exactamente la cantidad de agua necesaria y la dosifique.

Figura 16. Humidificador intensivo en frío



Fuente: PRILLWITZ. Dosificador Humectador Automático de Granos [online]. Consultado [08/05/2015]. Disponible En: <[http://prillwitz.com.ar/catalogo/darin/\\_humectador\\_automtico\\_para\\_humectar\\_granos.htm](http://prillwitz.com.ar/catalogo/darin/_humectador_automtico_para_humectar_granos.htm)>

**3.3.2 Humidificador en Lecho Fluidizado.** En este sistema de acondicionamiento se coloca una capa de material sobre una placa perforada, a través de la cual se hace pasar un flujo de aire mínimo para fluidizar el grano y luego se agrega agua al trigo por medio de la aspersion en el lecho fluidizado. Normalmente son contruidos para trabajar por lotes, requieren que el grano tenga un tiempo de residencia adecuado en el lecho y también que sea suministrada una buena cantidad de agua.

**3.3.3 Humidificador en Caliente.** El término acondicionamiento en caliente indica el uso de temperatura en conjunto con la adición de agua. La penetración del agua en el grano se da principalmente por difusión pero puede ser acelerada con el aumento de temperatura.

El humidificador en caliente es un dispositivo en el cual se transporta el material y se le agrega cierta cantidad de agua caliente. Para este tipo de sistema se

requiere una fuente de energía térmica o el uso de una resistencia eléctrica para el calentamiento del agua.

En este caso se requiere que el acondicionamiento sea hecho con sumo cuidado y que se verifique hasta que temperatura se puede utilizar dependiendo del material que se quiere humedecer.

Figura 17. Humidificador en caliente



Fuente: HBA. Humidificador por Vapor [Online]. Consultado [08/05/2015].  
Disponible En: <[http://flourmill-plant.es/add/big\\_img?gid=1965&yid=113206&id=12740&etw\\_path=http://flourmill-plant.es/1-2-3-fog-dampener.html/113206](http://flourmill-plant.es/add/big_img?gid=1965&yid=113206&id=12740&etw_path=http://flourmill-plant.es/1-2-3-fog-dampener.html/113206)>

### 3.4 SISTEMAS AUXILIARES

**3.4.1 Sistemas de Transporte de Productos a Granel.** El transporte a granel es muy importante a la hora de evaluar la calidad final del producto transportado, pues dependiendo del tipo del producto y la forma en que es transportado, estos productos son susceptibles al deterioro prematuro, la modificación de sus propiedades y la contaminación.

**3.4.1.1 Transportador helicoidal.** El uso de un tornillo helicoidal como transportador se dio por primera vez en un proceso de molienda de trigo hace más de 200 años y con el avance de la ciencia y el descubrimiento de nuevos materiales, el desarrollo de este transportador ha evolucionado ampliamente tanto que hoy en día el proceso de diseño y selección se encuentra altamente estandarizado.

Es un sistema capaz de mover materiales a granel en diferentes direcciones. Consiste en un conjunto de aspas helicoidales que van ensambladas sobre un tubo o eje y que giran en un canal semicilíndrico.

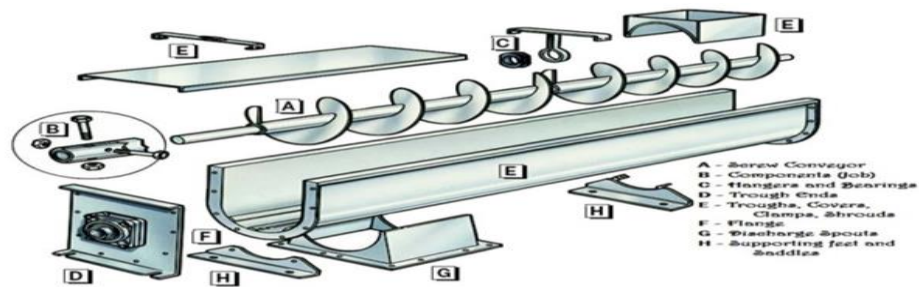
Son utilizados en diversas operaciones de transporte gracias a los diferentes tipos de aspas que pueden ser adaptados a su eje central y a los diferentes materiales en los que pueden ser fabricados.

Las principales ventajas de este sistema son: su estanqueidad que evita la formación de polvo, el poco espacio que ocupa transversalmente, su funcionalidad como mezclador y transportador al mismo tiempo (si así el proceso lo requiere), la capacidad de dosificación y el costo inicial bajo.

Los transportadores helicoidales se definen en función de los requerimientos de trabajo, por ejemplo, la cantidad de sólidos a transportar, la rata de transporte, dimensiones e inclinación del transportador y la agresividad del material a transportar.

A continuación se muestra un transportador helicoidal y se describen cada uno de sus componentes principales:

Figura 18. Transportador Helicoidal



Fuente: Design of Screw Conveyor [online]. Consultado [08/05/2015]. Disponible En: <<http://www.mechanicalengineeringblog.com/2617-design-of-screw-conveyor-size-of-screw-conveyor-screw-conveyor-capacity-calculation-screw-conveyor-design-calculation/>>

Tabla 1. Componentes de un transportador helicoidal

<b>A</b>	Hélice; es el medio para transportar el material. Su forma depende del material que transporta y de las funciones que cumple. Los principales tipos de tornillos helicoidales comprenden desde los de hélices sencillas hasta hélices con dientes que permitan la separación de componentes del material transportado o hélices con paletas que permiten realizar mezclas.
<b>B</b>	Elementos de sujeción, para unir el tornillo con el sistema de accionamiento motriz.
<b>C</b>	Cojinetes, para sostener el eje del transportador.
<b>D</b>	Tapas transportador, cierran la carcasa y sostienen los cojinetes de los extremos.
<b>E</b>	Artesa y puerto de entrada, la artesa es la carcasa por donde el material es transportado, puede ser abierta en forma de canal. Y el puerto de entrada es por donde el producto llega al transportador.
<b>F</b>	Brida, elemento de unión entre las tapas y la carcasa del transportador.
<b>G</b>	Puerto de descarga, salida del material transportado.
<b>H</b>	Soportes de fijación, son la sustentación del transportador.

Fuente: KC SUPPLY. A wide choice of standard parts [online]. Cited [01/04/2015]. Disponible En: <<http://www.kcsupply.com>>. p. 4.

**3.4.1.2 Transportador de cadena.** El transportador de cadena o “redler” consta de dos cabezotes en los que se tienen piñones que hacen mover una cadena eslabonada con paletas, las cuales se encargan de desplazar el producto a través del cuerpo del redler.

Es utilizado para transportar, alimentar, dosificar, distribuir y descargar materiales a granel. Tiene la ventaja de ser un sistema que no maltrata los granos, es confiable, muy sencillo y que puede ser construido herméticamente para evitar la contaminación.

Este tipo de transportador es muy económico en comparación con otros sistemas, ya que el mantenimiento que debe realizarse es muy básico y barato y además permite transportar grandes cantidades de producto con un consumo de potencia bajo.

Es posible tener varios puntos de carga y descarga al igual que en el transportador helicoidal, y se pueden realizar diferentes combinaciones y adaptaciones de tal forma que lleve productos en dirección vertical, horizontal o circular.

Figura 19. Transportador tipo redler



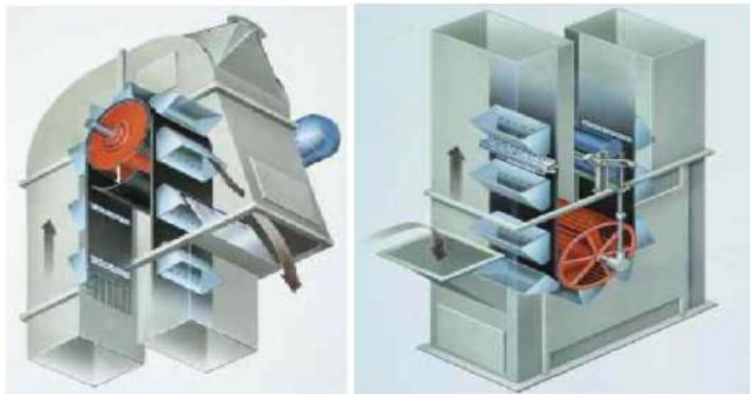
Fuente: CALDEROL. Transportadores tipo REDLER [online]. Citado [27/07/2015]. Disponible En: < <http://calderol.com.br/transportadores-tipo-REDLER>>

**3.4.1.3 Elevador de cangilones.** Este sistema de transporte consiste en una banda o cinta unida a una polea que la soporta e impulsa gracias a la acción de un motor. La banda lleva fijados un determinado número de baldes conocidos como cangilones, que pueden ser contruidos de diferentes materiales y tener diferentes formas y dimensiones.

Pueden funcionar al aire libre o completamente cerrados y son considerados las unidades más sencillas y seguras para transportes verticales, además de ser los más eficientes ya que su consumo de potencia es bajo en comparación con cualquier otro sistema.

Entre sus ventajas se destacan su amplio rango de capacidades, amplio rango de longitudes de transporte, entre otros. Una de sus pocas desventajas es su sensibilidad a las sobrecargas.

Figura 20. Elevadores de Cangilones



Fuente: DAVILA INTRIAGO, Alex, VELASQUEZ ALVAREZ, Rafael y ZAMBRANO AYON Kelvin. Implementación de un software y equipos para su operatividad para el cálculo y diseño de transportadores de tornillo sinfín y cangilones para el laboratorio de dibujo. p. 90.

**3.4.2 Tolvas.** Las tolvas son contenedores que se utilizan a las entradas o a las salidas de las máquinas con el objetivo de dirigir el producto desde una sección de mayor tamaño a una sección de menor tamaño y de dosificar la cantidad de producto que se entrega.

Tienen la forma de un tronco de pirámide o de cono invertido y generalmente realizan la carga por la parte superior y la descarga por la parte inferior.

Las tolvas se pueden clasificar según sus características geométricas, en tolvas de sección circular, tolvas de sección rectangular o cuadrada, regulares e irregulares.

Para su diseño lo más importante es conocer el ángulo de resbalamiento del producto a manejar, ya que si este ángulo no se respeta, el producto no fluye y las tolvas se tapan, por esta razón en muchas ocasiones los operarios deben golpearlas desde su base o adaptar sistemas de vibración o de tornillos sin fin que ayuden a desocupar el recipiente.

Figura 21. Tolva



Fuente: [online]. Citado [07/06/2015]. Disponible En:  
[http://www.generadordeprecios.info/imagenes2/icr\\_tolva\\_concent\\_375\\_267\\_8B8622B9.jpg](http://www.generadordeprecios.info/imagenes2/icr_tolva_concent_375_267_8B8622B9.jpg)

## 4. PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO

### 4.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

**4.1.1 Flujograma Planta.** El proceso que se va a llevar a cabo en la ciudad de Santa Marta para la producción de una harina de trigo de alta calidad consiste en los siguientes pasos:

En primer lugar llegan las minimulas desde el puerto con el trigo que ha sido importado generalmente desde Estados Unidos, Canadá o Paraguay, estas depositan el trigo dentro del cárcamo, allí el trigo es recogido por un elevador de cangilones que lo lleva hasta la parte superior de los silos dónde es repartido a cada uno de ellos por medio de un transportador de cadena.

Para iniciar la producción de la harina, se saca el trigo de los silos por medio un transportador ubicado debajo de estos que lleva el trigo hasta un elevador de cangilones ubicado dentro del edificio y se inicia la primera fase de limpieza del grano. Primero se pasa el trigo por un imán y la primer máquina a la que llega el trigo está ubicada en el cuarto piso del edificio y es una vibroseparadora conectada a un canal de aire, en esta máquina se separa el trigo de las impurezas por la diferencia de tamaños y se aspira al pasar por el canal de aire, luego se baja el grano al tercer piso y se pasa por la deschinadora o mesa densimétrica, que separa el trigo de las impurezas gracias a la diferencia de pesos específicos y finalmente para terminar la primera fase de limpieza los granos pasan por una despuntadora conectada a un canal de aire, donde se aspira y se seleccionan los granos de trigo de impurezas que hayan quedado mezcladas.

El trigo vuelve a bajar hasta el primer piso y se eleva hasta el quinto piso nuevamente, pero en esta ocasión a la salida del elevador, se llega a una humidificadora intensiva para llevar el trigo hasta la humedad que se necesita para realizar la molienda. Después de humedecer el trigo se guarda en unos silos de reposo durante algunas horas. Al finalizar el tiempo de reposo el trigo se saca por la parte inferior de los silos y por medio de un transportador helicoidal se reúnen los granos y se llevan hasta un tercer elevador que de nuevo lleva el trigo ahora húmedo hasta el quinto piso, en este nivel se encuentra una pulidora horizontal conectada a un canal de aire que se encarga de limpiar las impurezas restantes a los granos de trigo, de allí se pasa a un silo pulmón que mantiene un almacenamiento de trigo por lo menos para una hora de molienda.

Luego del silo pulmón el trigo cae por gravedad a una balanza, para controlar la cantidad de materia prima utilizada con los productos obtenidos, que se encarga de cargar el banco de molienda cuádruplo. Después de hacer la molienda en el banco los productos obtenidos bajan hasta el primer piso a una unidad neumática que se encarga de impulsarlos hasta el quinto piso donde está la mesa de ciclones y esclusas, en este punto se separan los productos del aire con que fueron transportados y se ingresan al cernedor. En el cernedor se separa por tamaño el producto que ingresa y se saca el producto final del molino: la harina de trigo o la sémola, los subproductos: la mogolla y el salvado y granos que se deben pasar por otros bancos de molienda para extraer la mayor cantidad de harina de trigo posible que es el producto principal de la producción.

Los granos que se llevan de nuevo a otros bancos de molienda a su salida deben pasar por unos disgregadores o desatadores que ayudan a despegar la harina que se ha producido. De nuevo los productos se llevan hasta el quinto piso se pasan por los ciclones, las esclusas y el cernedor. Asumiendo que ya no hay más pasos de producto a los bancos de molienda, se reparten los productos a los transportadores respectivos, la harina se saca por medio de unos transportadores

helicoidales, se llevan hasta el primer piso donde un circuito neumático la lleva hasta el quinto piso y se introduce dentro de los silos de harina con ayuda de unas válvulas de desvío para decidir cuál llenar.

Para el empaque de la harina se extrae de los silos de harina por medio de unos extractores vibrantes y se impulsa por medio de un sistema neumático que la debe elevar hasta el quinto piso del edificio donde se pasa por un filtro que la direcciona a un turbotamiz horizontal y un esterilizador que la deja lista para ser empacada. Después de pasar por el sistema de seguridad ya mencionado la harina se lleva a un silo pulmón que se encarga de cargar la empacadora dependiendo de la presentación que se quiera empacar.

Los subproductos del molino se transportan por medio de unas roscas ubicadas en el segundo piso, de allí se baja hasta el primer piso y se cargan dos elevadores de cangilones que se encargan de subir el salvado y la mogolla hasta el quinto piso donde están ubicadas las entradas a los silos de almacenamiento.

A continuación se muestra el flujograma de la planta en su totalidad:

Figura 22. Flujograma Molino San Miguel Santa Marta

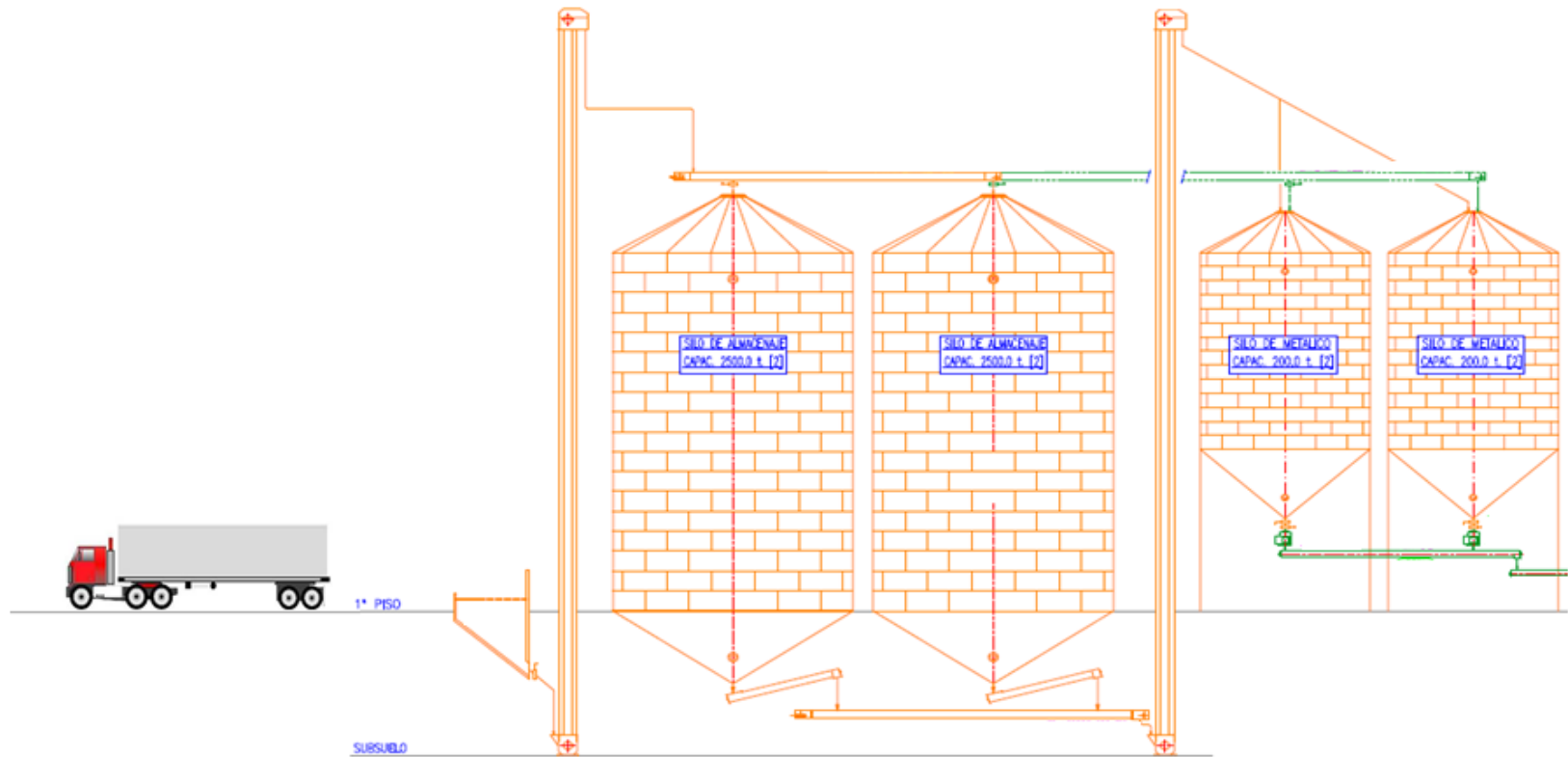


Figura 22. Flujograma Molino San Miguel Santa Marta (continuación)

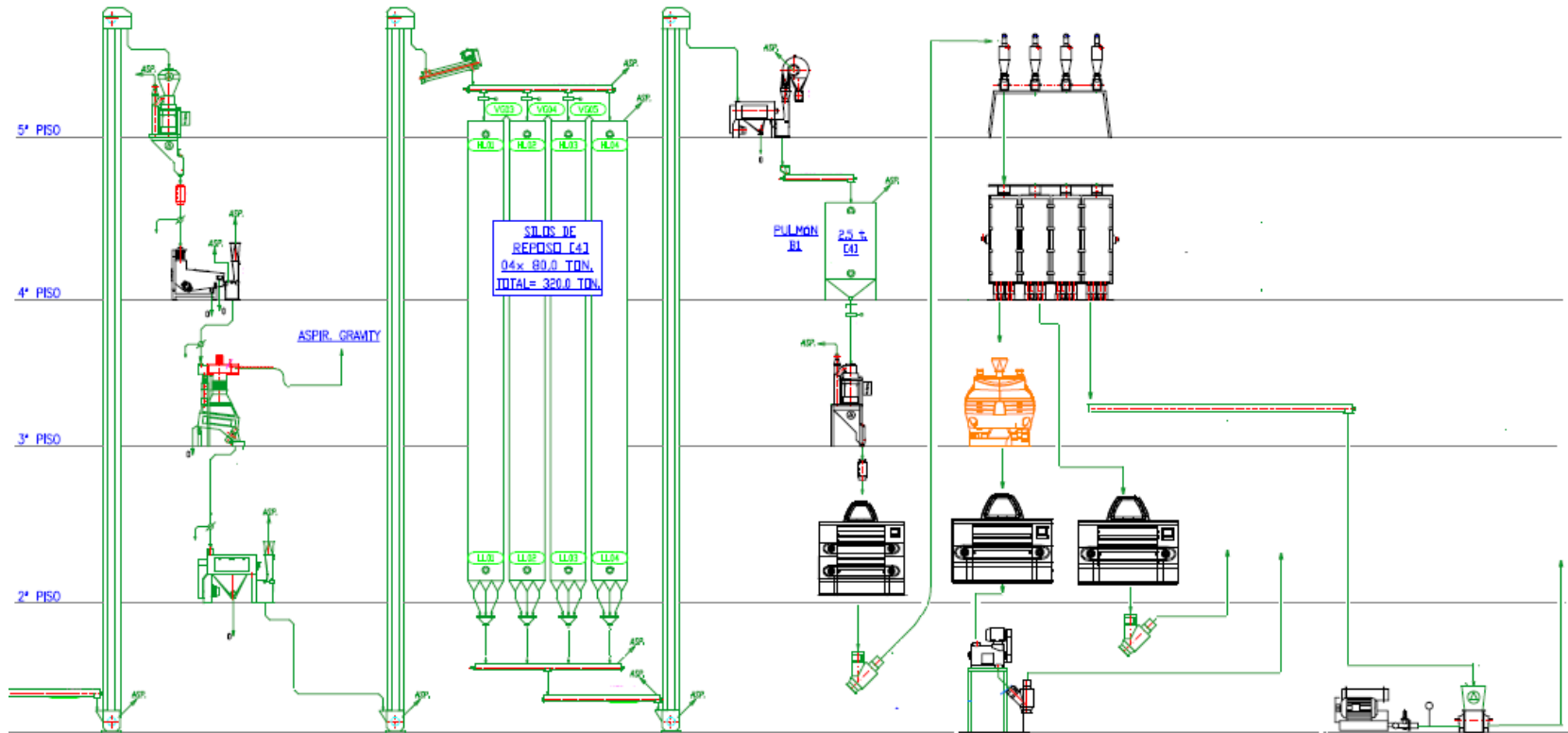
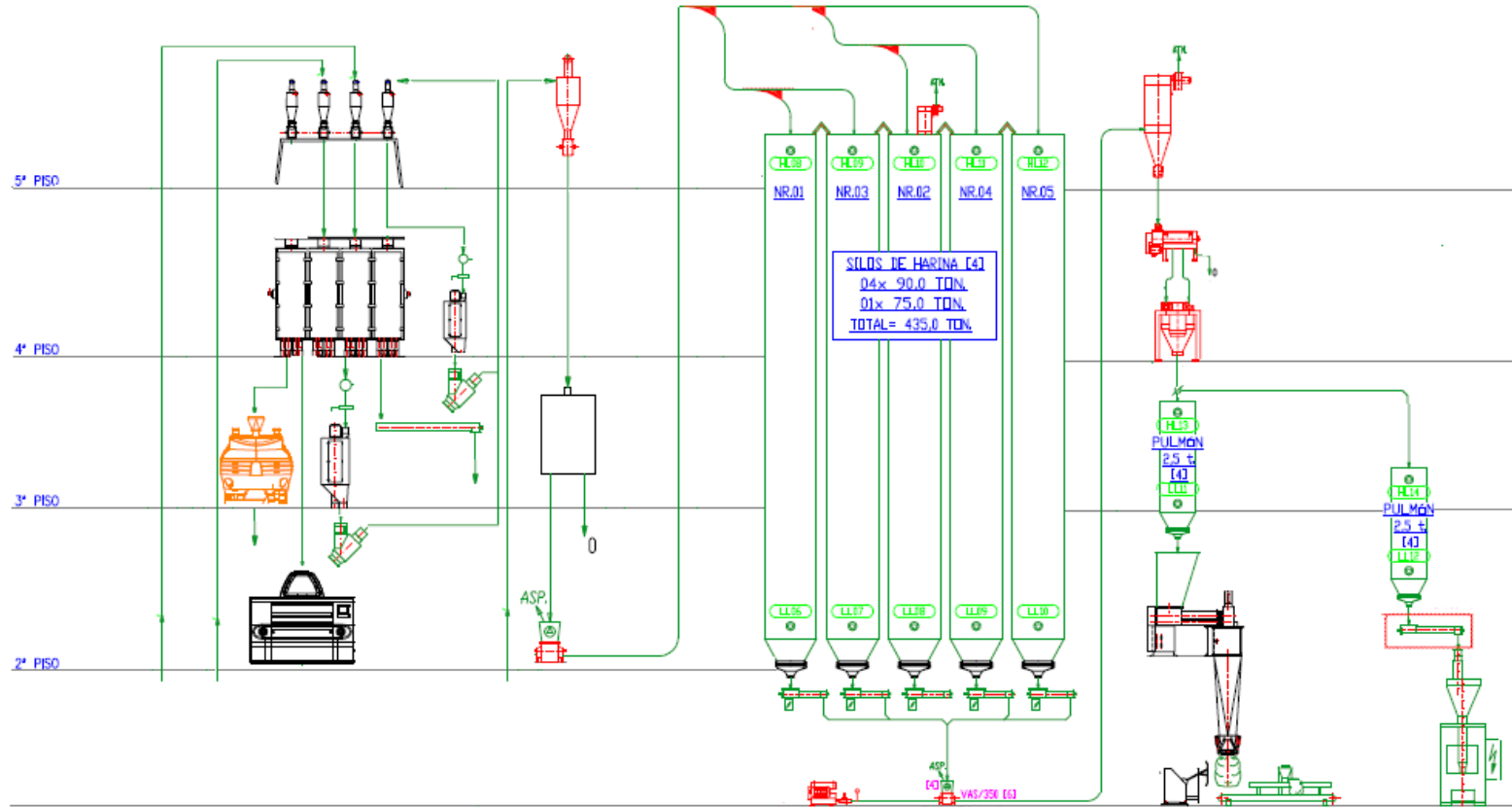


Figura 22. Flujograma Molino San Miguel Santa Marta (continuación)



**4.1.2 Ubicación de los Equipos en el Edificio.** La distribución de los equipos requeridos para una planta de producción tiene como objetivo realizar el mejor ordenamiento de las áreas de trabajo y de los equipos con el fin de conseguir la mayor economía en la realización de los procesos garantizando la seguridad y la satisfacción de los miembros de la empresa.

La distribución en planta conlleva la asignación del espacio disponible teniendo en cuenta el desplazamiento del material, su almacenamiento, la ubicación de los equipos de producción, instalaciones administrativas, baños, suministro eléctrico, entre otros.

Los principios básicos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el ordenamiento de las áreas de trabajo y de los equipos privilegian seis factores esenciales: la satisfacción y seguridad de los trabajadores, la integración de conjunto de todas las partes (hombre, material, maquinaria), la mínima cantidad de desplazamiento de los materiales, el flujo adecuado de los materiales, el uso efectivo de todo el espacio disponible y la flexibilidad de reajuste del proceso.

Las plantas de molienda de trigo tienen algunos condicionamientos a la hora de realizar la distribución de los equipos en planta. En primer lugar se debe conocer que este tipo de plantas de producción normalmente están distribuidas por producto, lo que significa que los elementos se organizan en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que se deben realizar para llevar a cabo la producción de un producto concreto. Las ventajas de este tipo de distribución se ven representadas en menores tiempos de fabricación, menor manipulación de la materia prima, mejor coordinación de la producción, poca acumulación de materiales, menor espacio ocupado por los equipos y por producto, control de producción simplificado y mejor utilización de la mano de obra. Las desventajas principales que se tienen en este caso son la poca flexibilidad que se tiene por la disposición del proceso, la mayor dificultad para la inspección y la posibilidad de

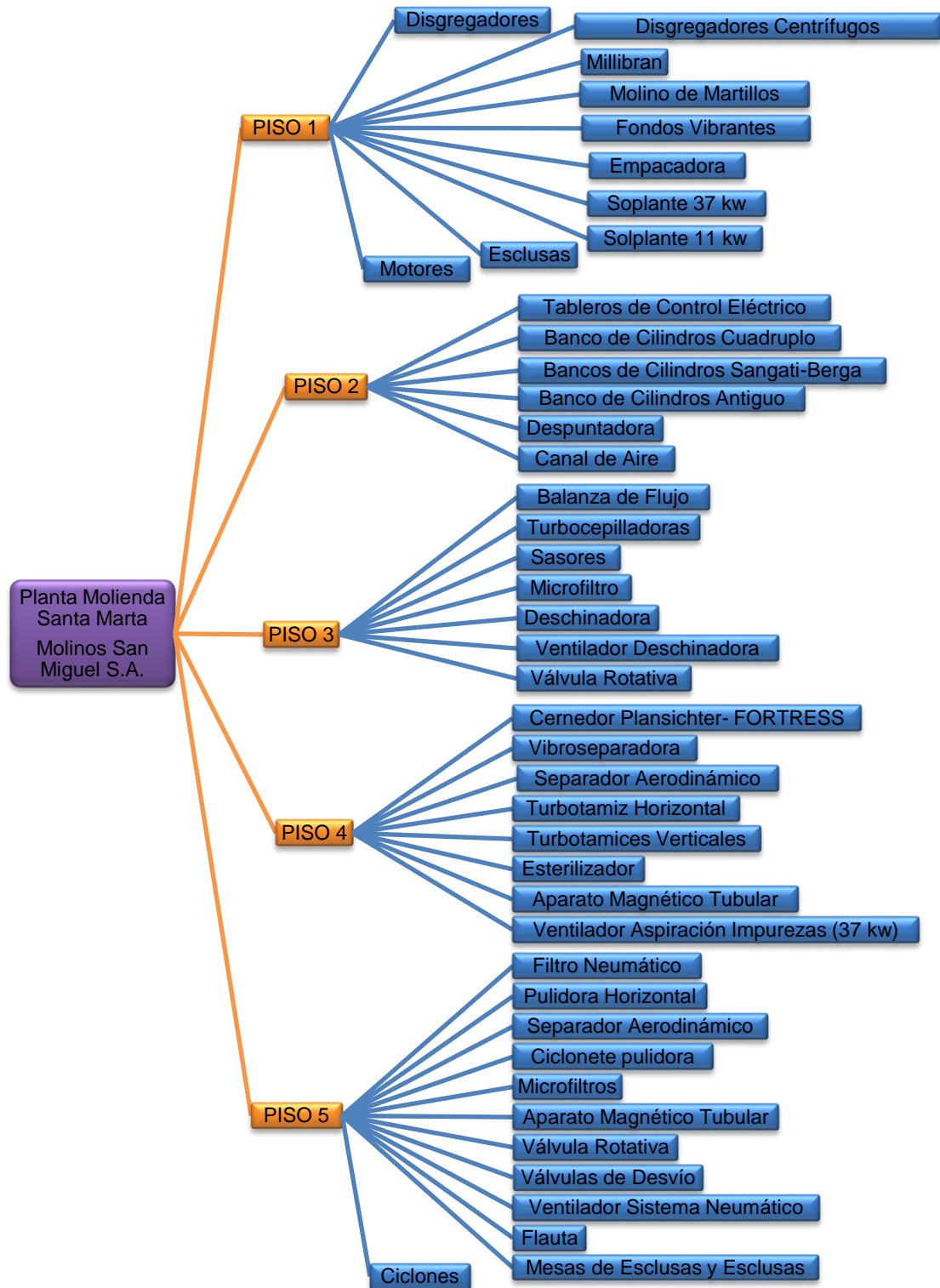
que debido al fallo de alguna máquina se impida la continuidad de la línea de producción.

Después de conocer cómo es el proceso de producción de la harina de trigo (desde el momento en que se recibe el trigo hasta que se empaca la harina) y las características más importantes de la distribución en planta se procede a organizar la información suministrada por los proveedores de la maquinaria, los diseños estructurales y de montaje, las instalaciones del molino de Bucaramanga y la experiencia de personas que se han dedicado al montaje de otros molinos en el país, con el fin de hacer un plan de trabajo que garantice la instalación correcta de cada una de las máquinas y el funcionamiento del circuito general.

Es importante aclarar que la ubicación de los equipos se debe realizar a partir de los planos de montaje realizados por la empresa Sangati Berga S.A. ya que estos realizaron el diseño de la edificación y la distribución de los espacios con base a las necesidades del proceso y a los equipos que suministraron para el montaje de la planta de molienda.

Para empezar, se debe realizar una revisión de la maquinaria tanto nueva como usada que está disponible para el montaje del molino y organizarla dependiendo del piso en el que deben ser ubicados. A continuación se muestra un esquema general de esta organización y en el anexo B se presenta más información acerca de cada máquina.

Figura 23. Equipos por piso



Luego de la revisión se esquematiza la ubicación de las máquinas en cada piso para poder plantear el movimiento de los equipos desde la bodega hacia el edificio. (En los esquemas se representa el equipo usando las letras de su referencia).

Figura 24. Esquema de equipos por piso

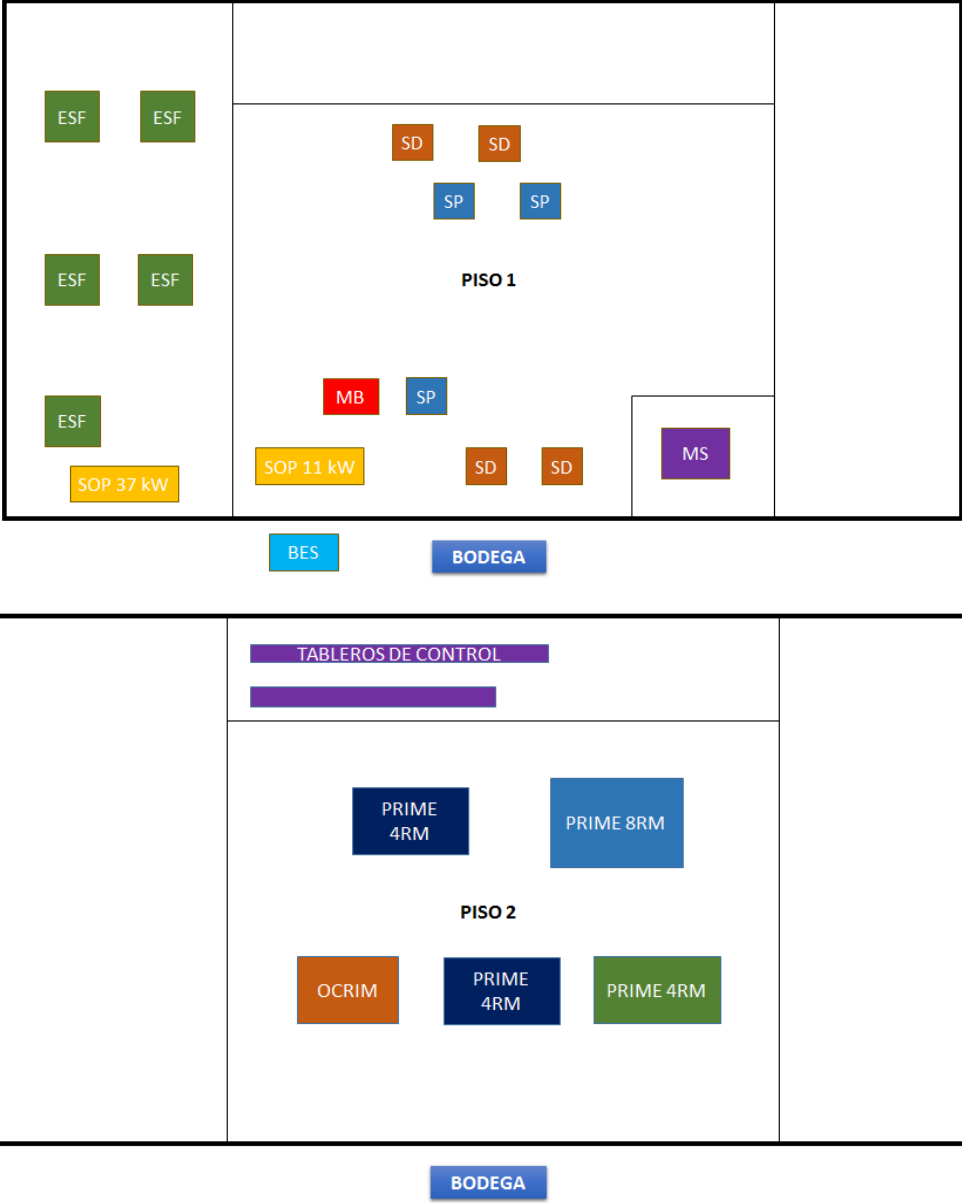
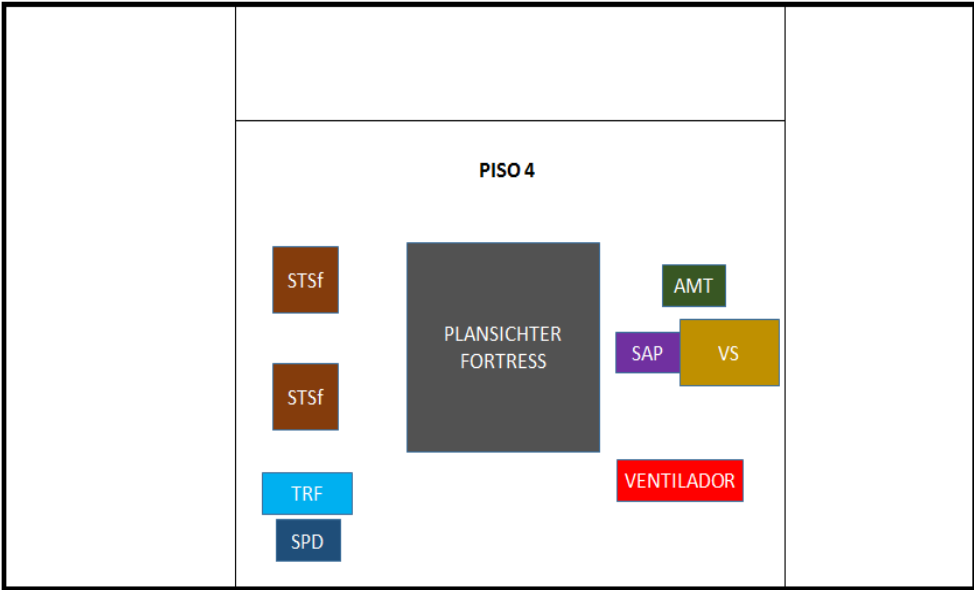


Figura 24. Esquema de equipos por piso (continuación)

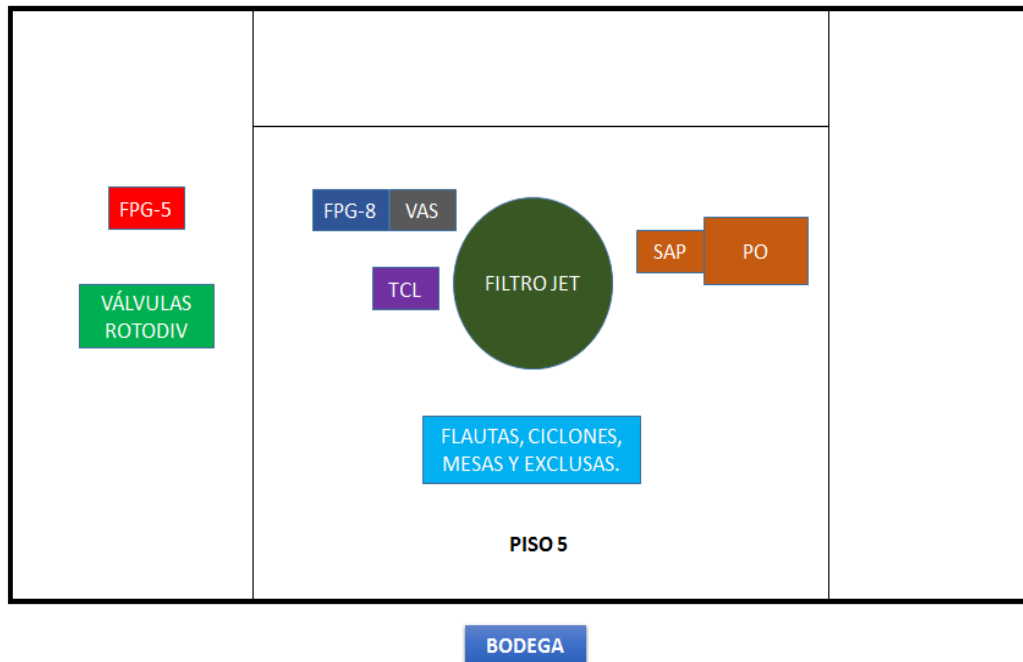


BODEGA



BODEGA

Figura 24. Esquema de equipos por piso (continuación)



#### 4.1.3 Identificación de Equipos, Accesorios, Herramientas y Utilitajes Necesarios Para el Montaje e Instalación de los Equipos

a- Montacargas: Es necesaria la utilización de un montacargas para realizar el movimiento de los guacales en los que se encuentran almacenados los equipos en la zona franca Tayrona de Santa Marta.

Figura 25. Montacargas



b- Tractomula: Los guacales deben ser desplazados y cargados sobre una tractomula para posteriormente ser llevados hasta las instalaciones de Molinos San Miguel en Santa Marta.

Figura 26. Tractomula



c- Grúa P&H telescópica y montacargas: Para descargar los equipos de la tractomula en la planta de Molinos San Miguel es necesario utilizar otro montacargas y para realizar el izamiento de las máquinas en cada piso es necesario utilizar una grúa telescópica.

Figura 27. Grúa Telescópica y Montacargas



d- Eslingas en banda de nylon: Son utilizadas para sujetar los equipos al gancho de la grúa y de esta forma permitir su desplazamiento hacia el piso respectivo.

Figura 28. Izamiento del cuerpo del filtro JET usando eslingas en banda



e-Grilletes: Son utilizados para aplicaciones de atadura, suspensión y levantamientos de carga especialmente para unir dos ramales de eslingas.

Figura 29. Izamiento del banco de cilindros usando eslingas sujetadas con grilletes



Figura 30. Grilletes



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Grillete> [Consultado 06 de Julio de 2015]

f- Vigas de soporte: Son utilizadas tanto para el izamiento de algunos equipos así como para sujetar los diferenciales de carga.

Figura 31. Viga de soporte de los bancos de cilindros



Figura 31. Viga de soporte de los bancos de cilindros (continuación)



Figura 32. Viga de soporte de equipos y diferenciales



g-Pórtico de carga: Esta estructura es utilizada para soportar los diferenciales que se utilizan para izar los equipos en su respectivo piso.

Figura 33. Pórtico de carga



h-Gato estibador: Es un equipo hidráulico utilizado para el levantamiento y transporte de los equipos en pequeñas distancias.

Figura 34. Gatos estibadores



i-Sistema diferencial: consiste en una cadena continua que pasa por dos poleas superiores y una inferior. Las poleas superiores son de diferente diámetro de

forma que cuando completan una revolución la cadena se eleva una distancia proporcional al diámetro mayor y desciende una distancia proporcional al diámetro menor obteniéndose una elevación neta de la polea inferior. Este sistema es utilizado para elevar los equipos cuando los gatos estibadores no alcanzan la distancia requerida o cuando no tienen la capacidad necesaria para el izamiento.

Figura 35. Diferenciales



j-Alzaprimas (pata de cabra): consiste en una barra de acero cuadrada en un extremo y que termina en punta en forma de cuña, ligeramente curvada hacia

arriba. Esta barra está montada sobre dos ruedas y con ella se puede facilitar el levantamiento de máquinas de gran peso e incluso realizar pequeños desplazamientos. Es utilizada para facilitar el movimiento e izamiento de los equipos de gran peso.

Figura 36. Alzaprimas



k- Barra de extremo plano: Son utilizadas para desarmar los guacales de madera en los cuales fueron enviados los equipos por el fabricante.

Figura 37. Barra de extremo plano



Figura 37. Barra de extremo plano (continuación)



**4.1.4 Planeación de los Movimientos de la Maquinaria.** El orden en el que debe hacer el transporte y posicionamiento de los equipos en la planta de Molinos San Miguel en Santa Marta es determinado teniendo en cuenta diversos factores. El primer factor a considerar es la ubicación de los guacales en la bodega de la zona franca Tayrona, el segundo es el lugar correspondiente de cada equipo por piso y el tercero la complejidad que el movimiento del equipo demanda debido a su gran peso o a sus dimensiones.

Para determinar el orden en que se va a realizar el movimiento y transporte de los equipos se realizó una visita a la bodega de la zona franca Tayrona, esto con el objetivo de determinar la cantidad de guacales, su ubicación en la bodega y por supuesto los equipos que están contenidos en cada uno de ellos.

Figura 38. Bodega zona franca Tayrona



Figura 38. Bodega zona franca Tayrona (continuación)



La visita a la bodega fue realizada con los ingenieros de montaje Jairo Osorio, Laurentino Laverde y con el jefe de producción de Molinos San Miguel, el señor Israel Rangel. Durante el recorrido se pudo establecer que los equipos que primero van a ser transportados son los que están más próximos a la entrada y después se llevarán por filas de forma que se vaya abriendo espacio para que el

montacargas pueda acceder fácilmente a todos los equipos. Además se determinó que el banco de cilindros cuádruplo será uno de los últimos equipos en desplazarse debido a que por su gran peso (7 toneladas) y dimensiones requiere de sumo cuidado a la hora de desplazarlo y ubicarlo en el Molino.

El siguiente paso a realizar es reconocer y demarcar la ubicación de los equipos en cada piso de la planta de Molienda de Molinos San Miguel, lo cual se debe realizar a partir de los esquemas y de los planos de ubicación. Mediante los esquemas se puede determinar el orden de posicionamiento de los equipos por piso de forma que no se obstaculice la entrada de ninguno y con la ayuda de los planos demarcar la posición final de los equipos de forma que se ubiquen lo más cerca posible a esta para disminuir su manipulación y desplazamiento debido a su gran peso.

Figura 39. Instalaciones Planta de Molienda Molinos San Miguel en Santa Marta



Figura 40. Reconocimiento de Instalaciones y ubicación final de los equipos por piso



El siguiente paso es determinar la cantidad de trabajadores que se necesitarán y también el tiempo aproximado que tomará el transporte y posicionamiento de todos los equipos. Teniendo en cuenta la experiencia de los Ingenieros a cargo del

montaje se estima que con doce trabajadores serán necesarios aproximadamente tres días para el desplazamiento de los equipos.

Los trabajadores se distribuirán de la siguiente manera: tres para el cargue de los equipos en la bodega de la zona franca, tres para las tareas de recibimiento de los guacales en las instalaciones de Molinos San Miguel y seis trabajadores que se ubicarán en el piso que correspondiera según el equipo que se estuviese posicionando.

La determinación del tiempo total requerido para el desplazamiento y posicionamiento de los equipos es bastante difícil de definir puesto que conlleva el establecimiento de un tiempo promedio para realizar determinadas tareas teniendo como base el contenido de trabajo, los métodos utilizados, además de otros factores externos ( accidentes, demoras personales, situaciones imprevistas, falta de elementos, etc.). Los principales objetivos de la estimación de este tiempo son: lograr una mayor efectividad en el uso de los recursos o equipos necesarios para cada tarea y por supuesto una disminución de los costos necesarios para ejecutarlas. Normalmente las técnicas que se utilizan para establecer estos tiempos son estudios cronométricos, datos estándares, muestreos del trabajo o estimaciones basadas en datos históricos. En el caso del proceso de cargue, descargue y posicionamiento de los equipos en la planta de Molinos San Miguel se determinó un tiempo aproximado de tres días considerando principalmente datos estándares, la experiencia de los ingenieros a cargo del montaje y las estimaciones de la empresa encargada de los servicios de los montacargas y la grúa.

Las consideraciones principales que se tomaron en cuenta para la estimación de este tiempo fueron las siguientes:

- 1-La cantidad total de guacales que deben transportarse desde la bodega de la zona franca Tayrona hasta las instalaciones de la empresa.
- 2-La cantidad aproximada de guacales que pueden ser transportadas en la tractomula por cada viaje.
- 3-El protocolo de entrada necesario para el ingreso del personal a cargo del cargue, del desplazamiento y de la supervisión. (Necesario cada vez que se realice un viaje).
- 4-El cargue de los equipos mediante la utilización del montacargas.
- 5-El protocolo de salida necesario para la salida del personal a cargo del descargue, desplazamiento y la supervisión (Necesario cada vez que se realice un viaje).
- 6-El desplazamiento desde la Zona Franca Tayrona hasta la Empresa.
- 7-El descargue de los equipos en la bodega de Molinos San Miguel mediante la utilización de un montacargas.
- 8-La apertura de los guacales para subir los equipos individualmente (No era necesaria en todos los casos).
- 9-Izamiento de los equipos mediante la grúa.
- 10- Recepción de los equipos en cada piso para el posicionamiento de las máquinas.
- 11- Desplazamiento (sin carga) desde la Empresa hasta la zona franca Tayrona.
- 12 -Tiempos muertos en las diferentes fases anteriormente mencionadas (Posicionamiento de la tractomula, maniobras adicionales, descansos, dificultades, cuidados especiales en algunos equipos, amarre de las máquinas, etc.)
- 13- Tiempos sobrepuestos, representado por aquellos momentos en los que se pueden estar realizando actividades tanto en la Zona franca Tayrona como en la empresa.

El tiempo total estimado se determinó haciendo uso de las consideraciones anteriores tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 2. Estimación del número total de viajes

ESTIMACIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE VIAJES	
Cantidad total de guacales	30
Cantidad promedio de guacales por viaje	5
Cantidad de viajes necesarios	6

Tabla 3. Tiempo requerido por viaje

TIEMPO REQUERIDO POR VIAJE	
Tarea	Tiempo [min]
Protocolo de entrada	20
Cargue de los equipos	45
Protocolo de Salida	15
Desplazamiento	15
Descargue	45
Izamiento de los equipos	40
Recepción de los equipos	45
Desplazamiento retorno	10
Tiempos muertos	40
<b>Tiempo sobrepuesto</b>	<b>30</b>
<b>TIEMPO TOTAL POR VIAJE</b>	<b>245</b>

■ Tiempo sustraído

Tabla 4. Tiempo total requerido para el cargue, desplazamiento, descargue y posicionamiento de los equipos.

TIEMPO TOTAL REQUERIDO PARA EL CARGUE, DESPLAZAMIENTO, DESCARGUE Y POSICIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS EN LAS INSTALACIONES DE MOLINOS SAN MIGUEL	
Tiempo total por viaje en horas	4,08
Jornada laboral diaria en horas	8
Número de viajes aproximados por día	2
Cantidad de viajes necesarios	6
Número total de días	3

Finalmente se realizó el transporte y posicionamiento de los equipos, según lo anteriormente planeado:

Figura 41. Recepción de los equipos en las instalaciones de Molinos San Miguel



Figura 42. Izamiento del Sasor



Figura 43. Izamiento del guagal que contiene el Microfiltro FPG-5



Figura 44. Posicionamiento del cuerpo cilíndrico del Filtro JET



Figura 45. Izamiento de los ciclones y accesorios del sistema neumático



Figura 46. Izamiento de la balanza POND



Figura 47. Posicionamiento de bancos de cilindros pequeños



Figura 48. Posicionamiento de los módulos del Plansichter



Figura 49. Transporte de la tubería del sistema neumático y de los bancos de cilindros



Figura 50. Izamiento de un banco de cilindros pequeño



Figura 51. Izamiento de la Pulidora Horizontal



Se ubicaron todos los equipos por piso y se realizó un inventario para revisar que se encontrara la totalidad de los equipos , para verificar su condición despues del desplazamiento y para identificar los accesorios y partes pequeñas que pudieran correr el riesgo de extraviarse.

Figura 52. Posicionamiento final de los equipos en el primer piso



Figura 53. Posicionamiento final de los equipos en el segundo piso



Figura 54. Posicionamiento final de los equipos en el tercer piso



Figura 55. Posicionamiento final de los equipos en el cuarto piso



Figura 56. Posicionamiento final de los equipos en el quinto piso.



#### **4.1.5 Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje de los equipos empleados para la limpieza y el acondicionamiento del trigo.**

Después de llevar los equipos a las edificaciones del molino y ubicarlos en cada uno de los pisos, es necesario hacer una planeación de tareas generales necesarias para llevar a cabo la puesta en marcha del molino completo, después de esta observación general se van tomando tramos o circuitos particulares de tal forma que se concentren los grupos de trabajo propuestos evitando el empezar muchas tareas y no terminar alguna y que al mismo tiempo rinda el trabajo de montaje gracias a que los participantes conocen los objetivos a corto, mediano y largo plazo.

Esta planeación se hace con la participación de la Junta Directiva de la empresa, asesores de montajes, los ingenieros de la obra civil, los interventores de la obra civil, los ingenieros encargados del montaje de las conexiones eléctricas y electrónicas de la maquinaria y los ingenieros encargados del montaje mecánico. Es necesario incluir a todas las partes interesadas debido a que cada una tiene una planeación diferente y una forma de ver el montaje diferente, y lo que se necesita es formar un equipo que camine en la misma dirección generando acciones que produzcan resultados.

Uno de las principales necesidades que se satisfacen con este tipo de reuniones es que un grupo de trabajo le facilite las actividades al otro grupo, por ejemplo, si los encargados de la obra civil pueden adelantar sus tareas en un extremo del edificio, se pueden ir instalando y conectando las máquinas que van ubicadas en el otro extremo del edificio o en un piso diferente.

Hay que tener en cuenta que para facilitar este trabajo de sinergia los grupos deben tener claramente definido su cronograma de trabajo, sin que este deje de ser flexible para adaptarse a las necesidades del grupo de trabajo general.

Para esta planeación se empleó el software Microsoft Project que permite la asistencia de proyectos en desarrollo, la verificación del cumplimiento de las tareas, analizar costos y cargas de trabajo entre otros.

A continuación se muestra el diagrama de Gantt que plantea las fases, actividades y responsables, de cada una de las actividades necesarias para la consecución del montaje de los equipos de limpieza y acondicionamiento del trigo de la Planta de Santa Marta de la empresa Molinos San Miguel S.A.

Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje

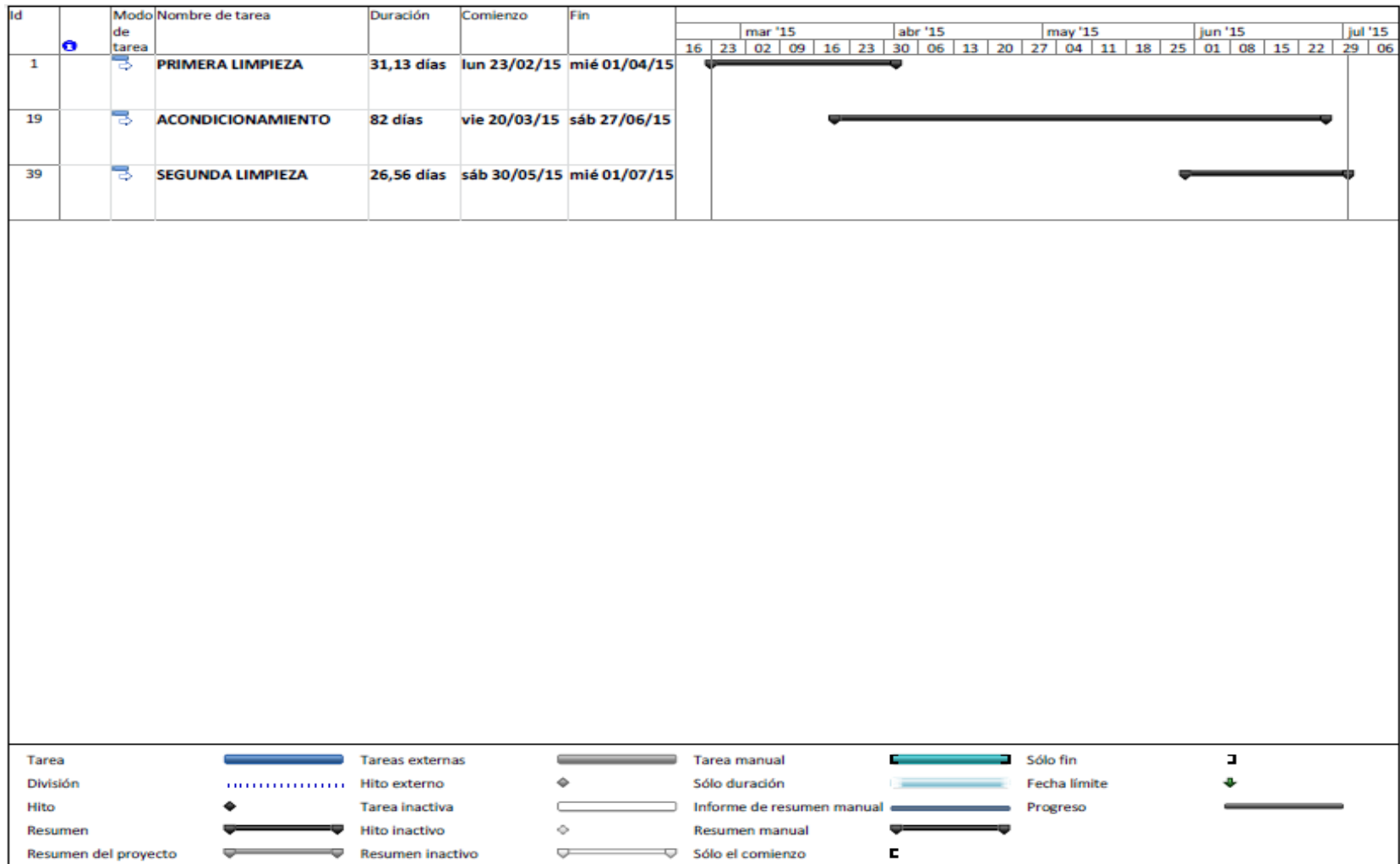


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

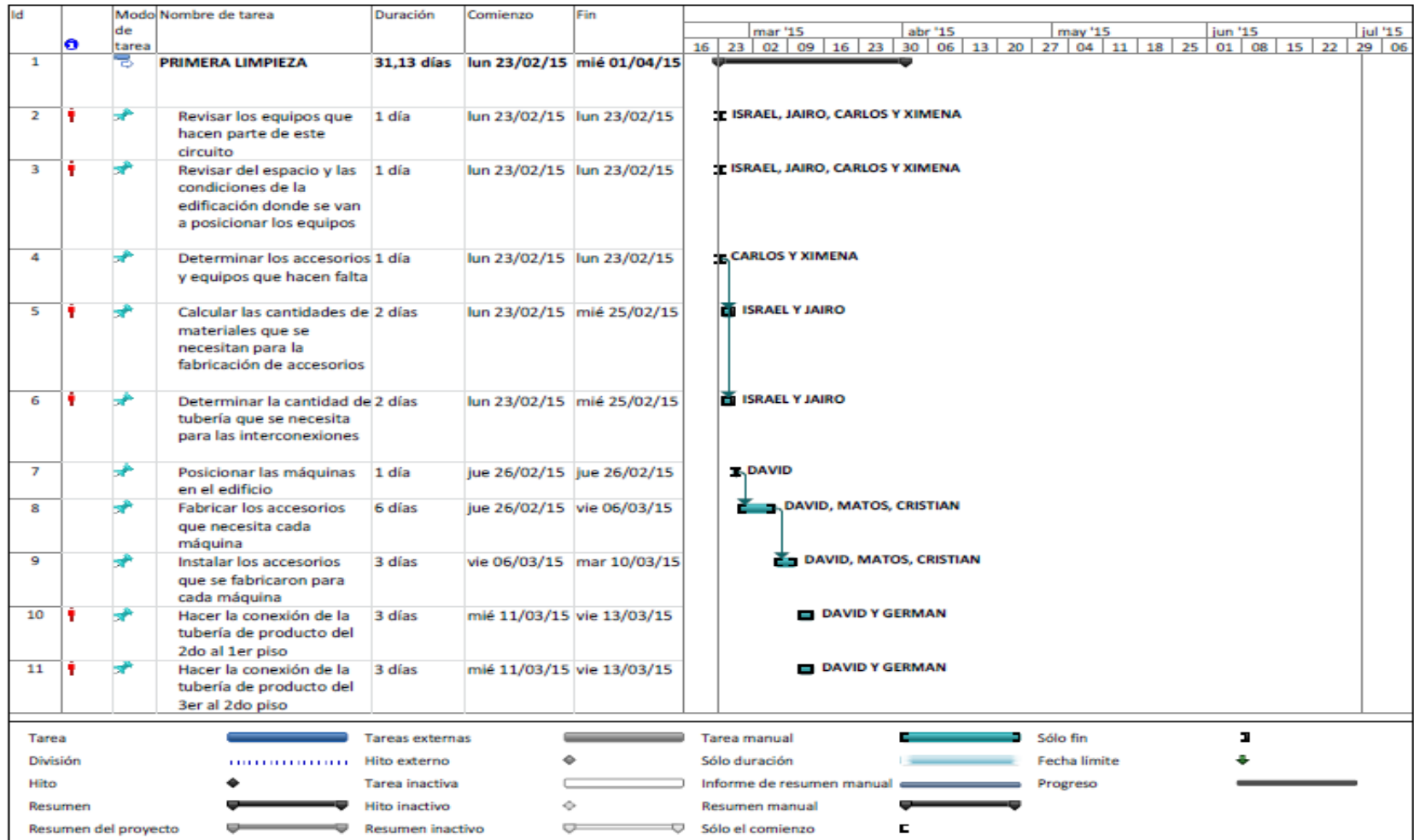


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

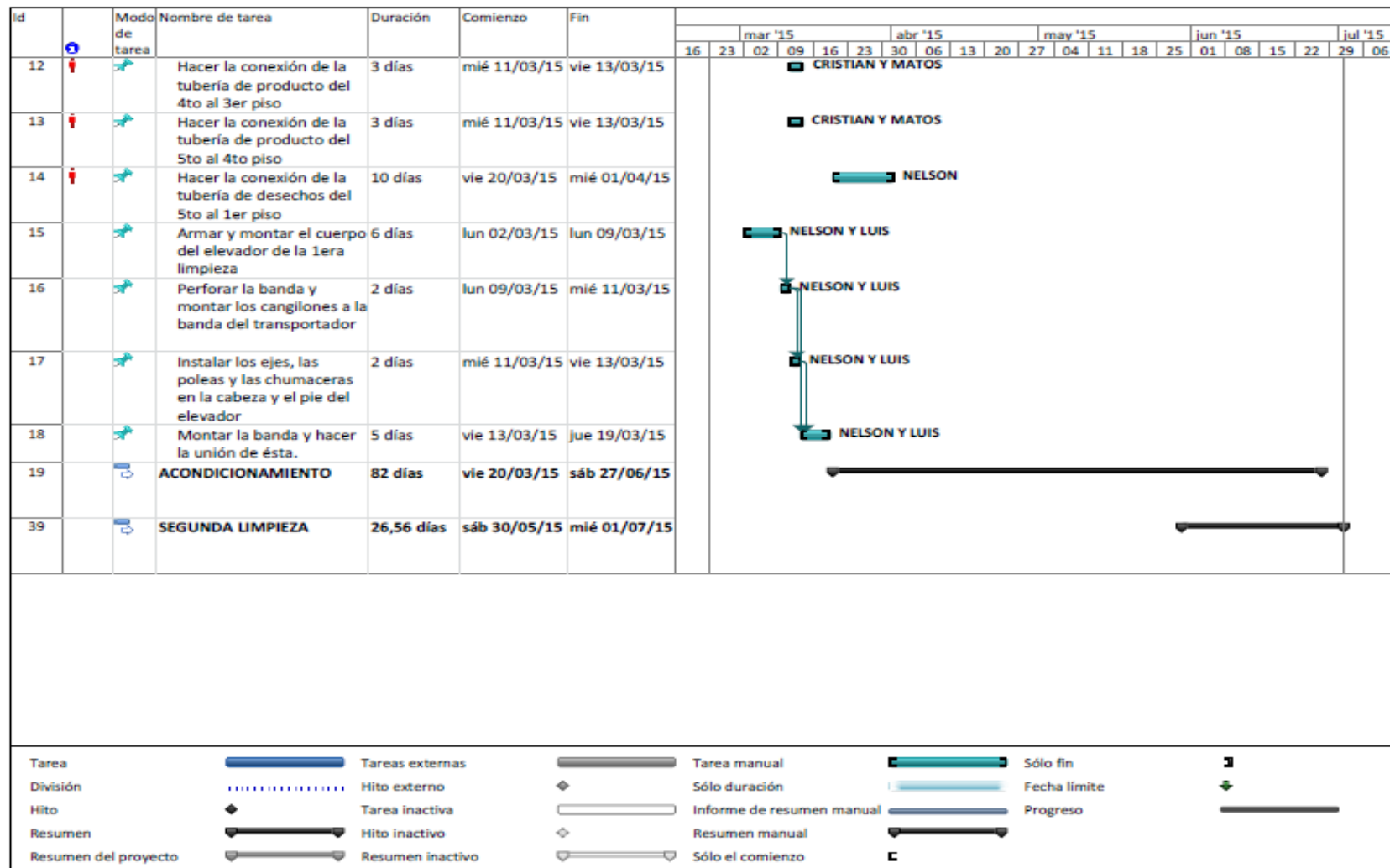


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

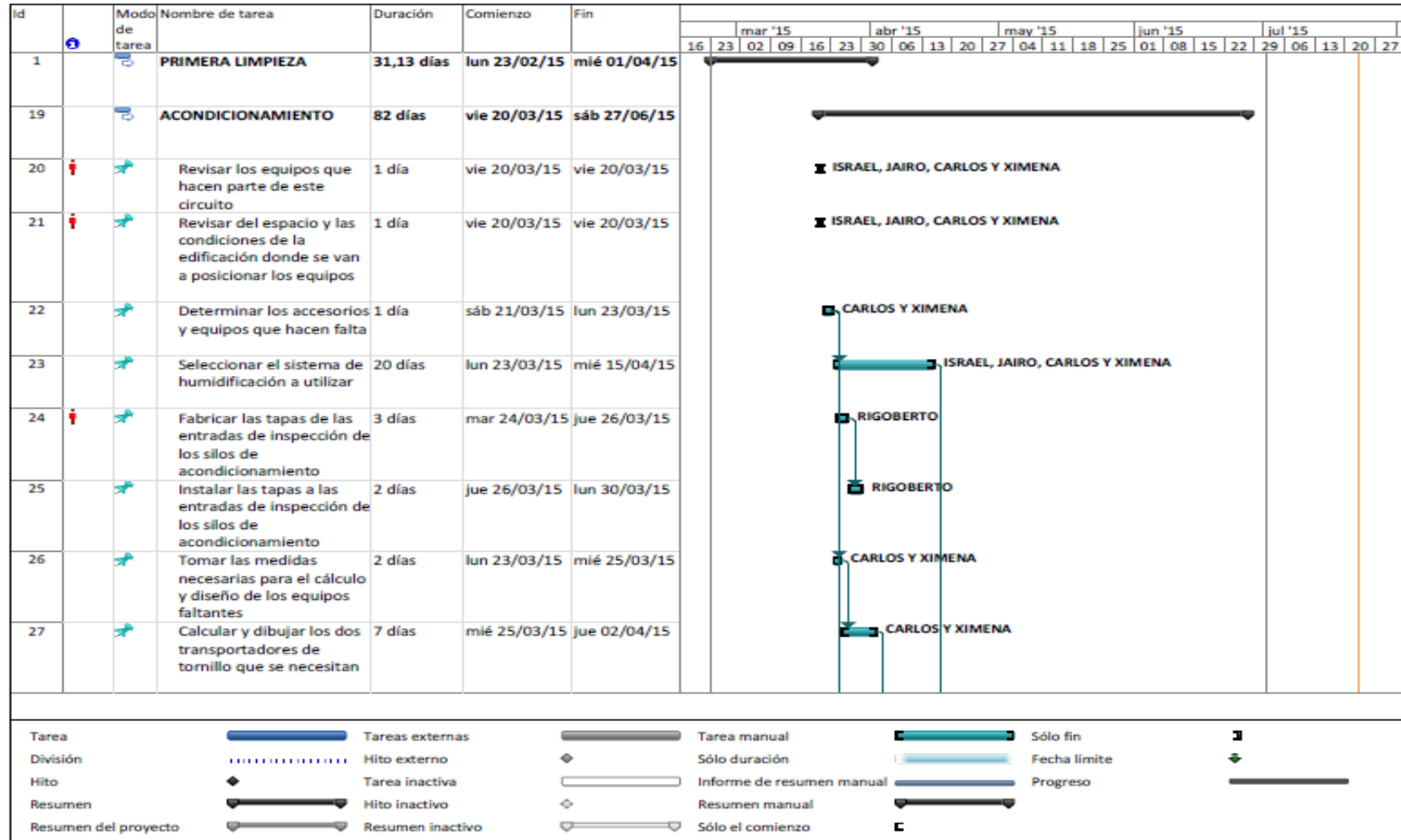


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

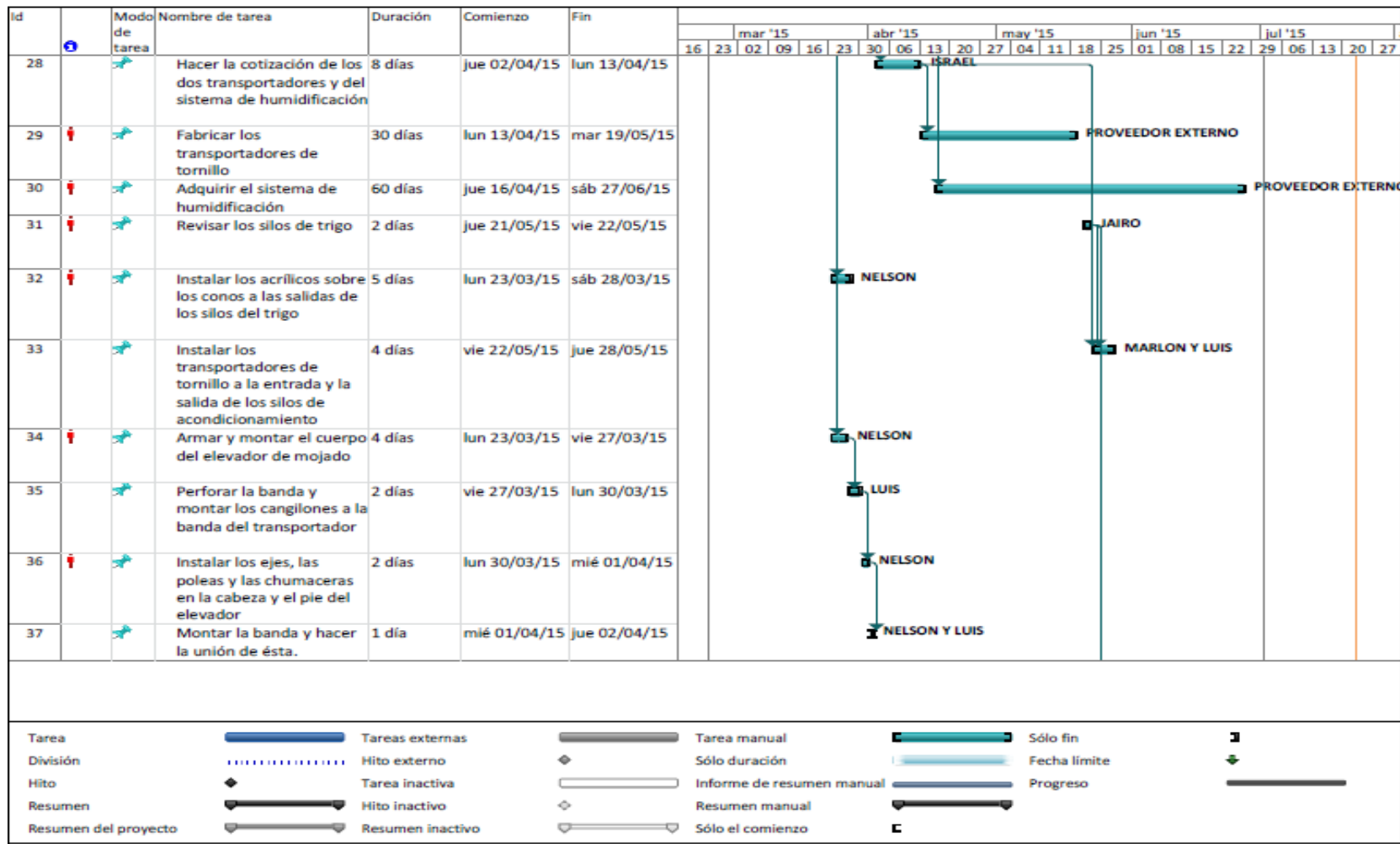


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

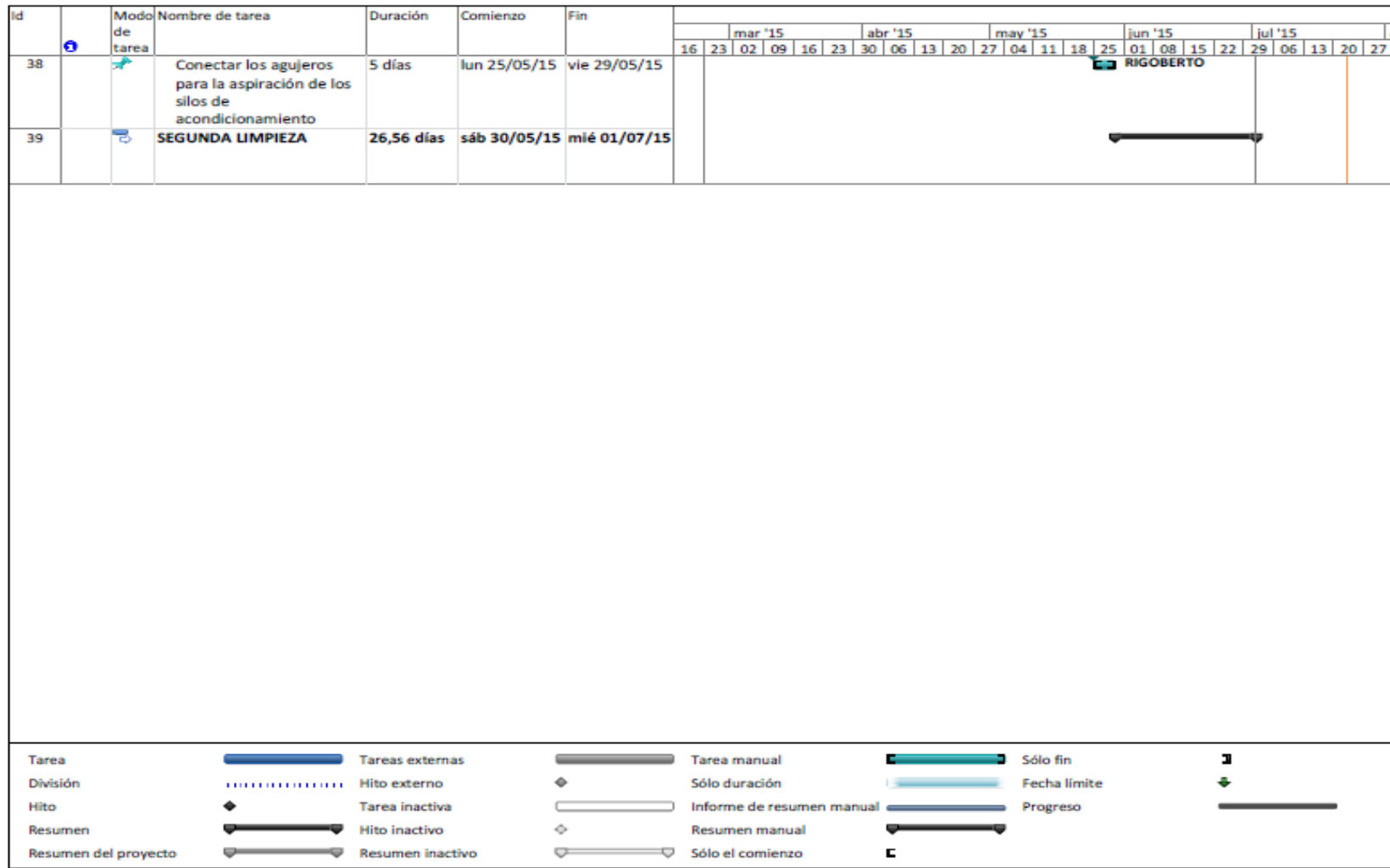


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)

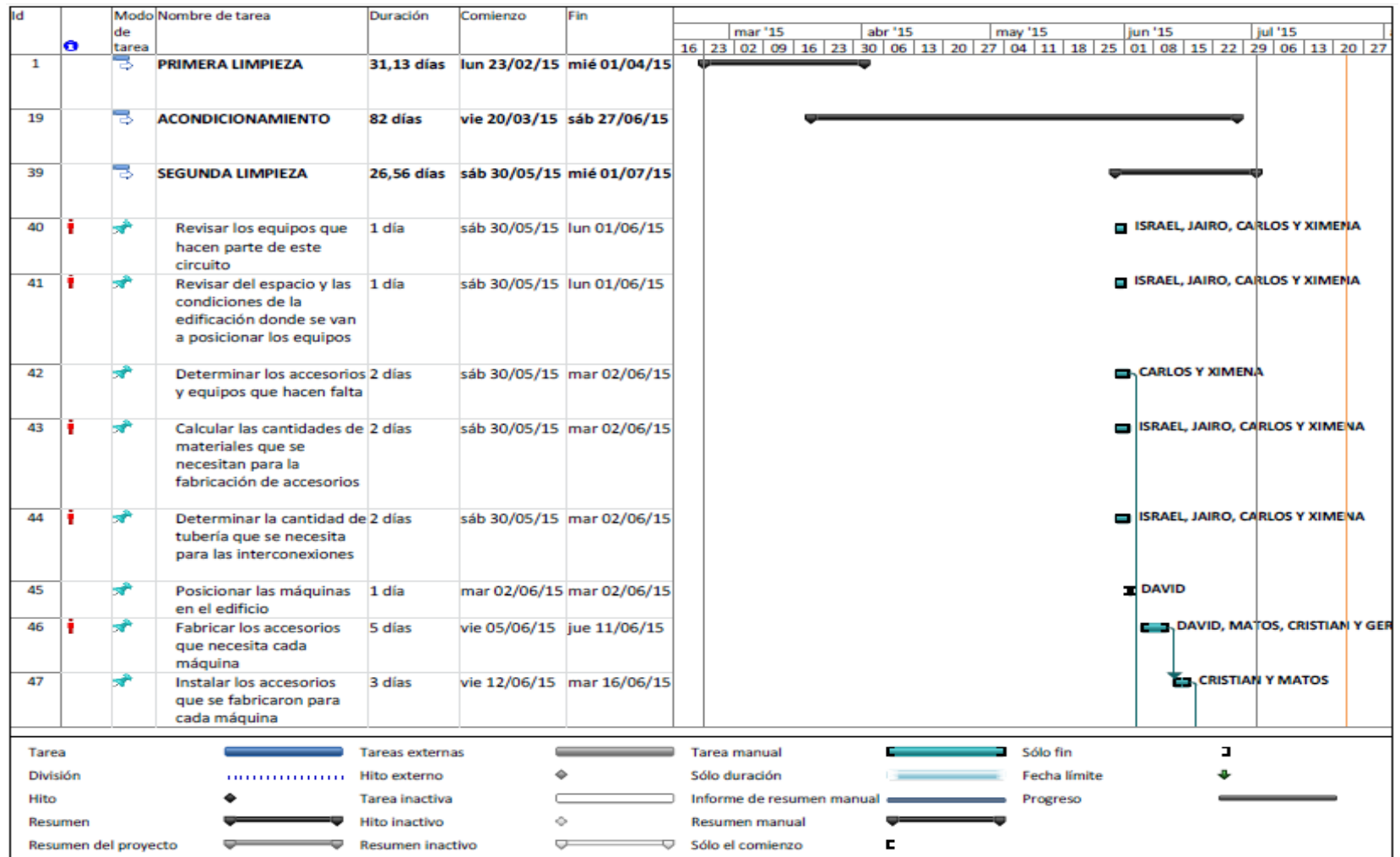
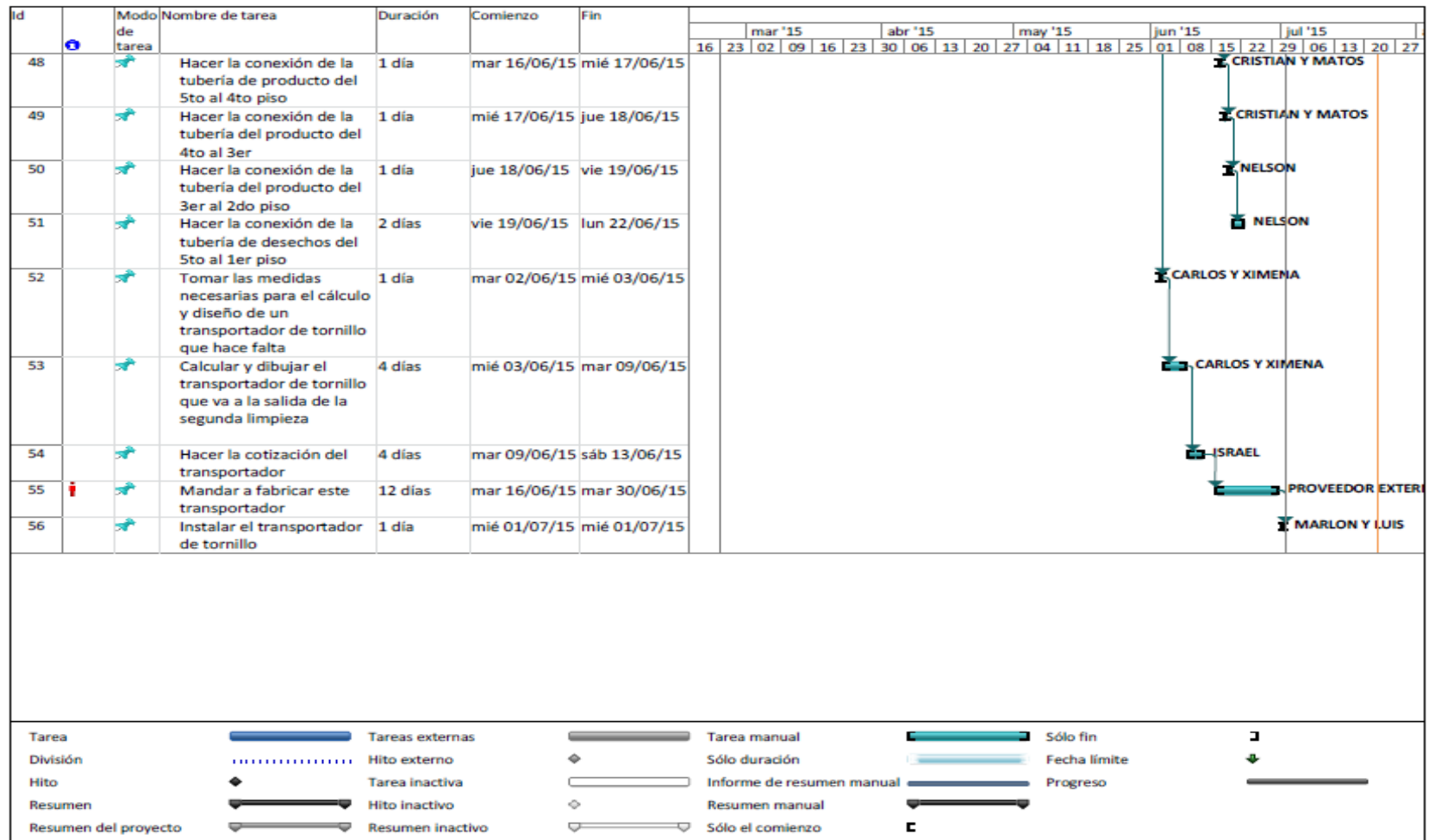


Figura 57. Diagramas de Gantt para las actividades de instalación y montaje (continuación)



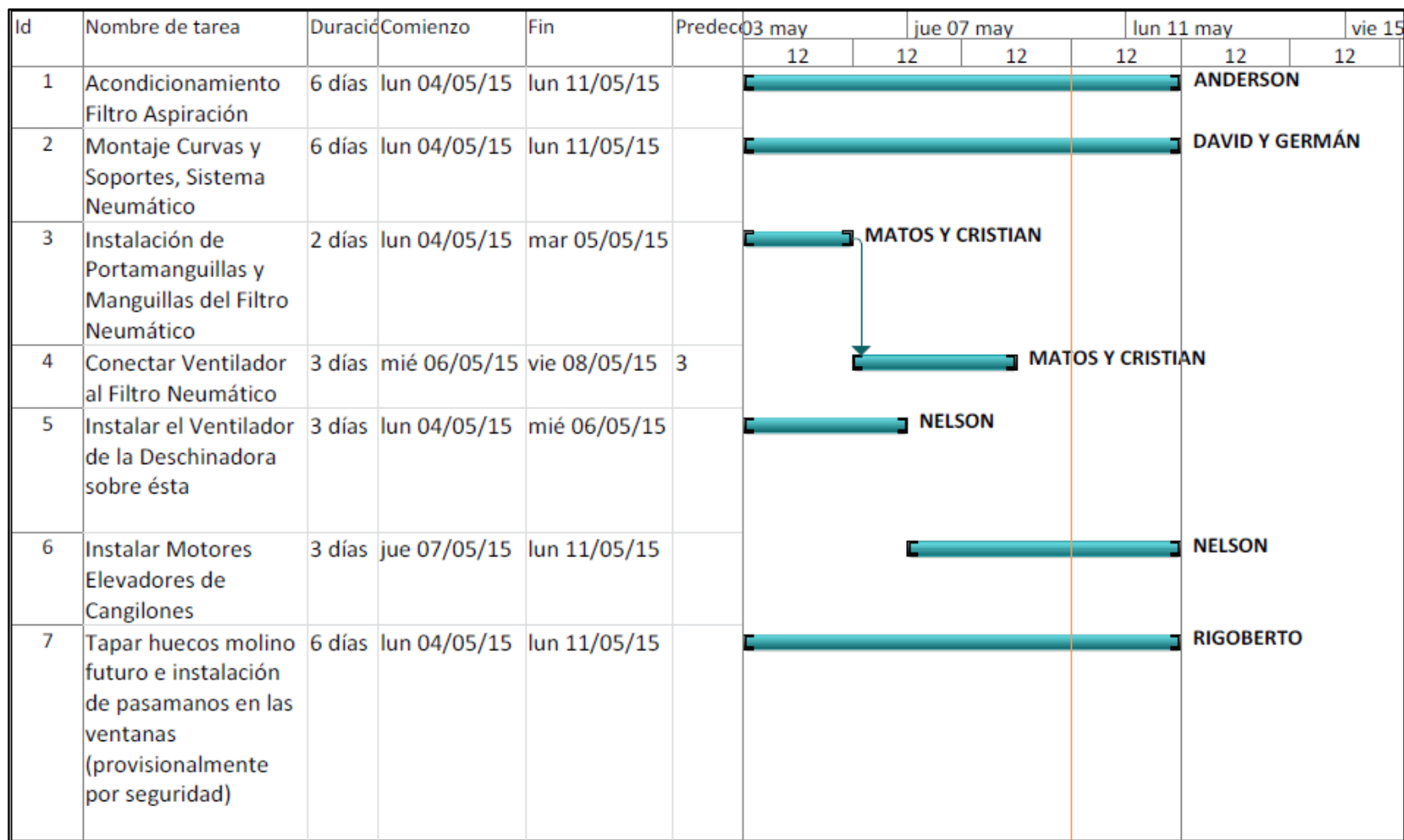
## 4.2 DESARROLLO Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO

**4.2.1 Planeación Actividades Semanales** Conocer los objetivos que se quieren lograr a largo, mediano y corto plazo es muy importante, por esta razón una de las estrategias utilizadas para desarrollar el proyecto particular del montaje mecánico del molino, consiste en llevar a cabo reuniones semanales con las personas que hacen parte de este equipo, de esta manera se puede analizar las tareas que se tienen pendientes, qué trabajos son más urgentes, o qué actividades dependen de otras.

Estas reuniones aunque, son las más importantes de la semana porque allí se plasma el objetivo de cada semana con sus tiempos de ejecución y de entrega y se definen los responsables, no deben ser las únicas reuniones a lo largo del desarrollo de las acciones planeadas, pues en muchas ocasiones, por no decir todas, se presentan problemas que hay que saber sortear de la mejor manera y esto implica un trabajo en equipo constante que acompañe y de solución a este tipo de situaciones.

Cabe resaltar que la planeación de las actividades semanales se subordina a la planeación del montaje general, de esta manera se puede tener una visión a un futuro más lejano y esto le permite al equipo estar en capacidad de sacar el tiempo necesario para dibujar, calcular y hacer los planos de construcción que hagan falta para mandar a fabricar estructuras, transmisiones y accesorios, y así completar los montajes de la maquinaria y cumplir con el objetivo final que es sacar producción del molino. A continuación se muestra un esquema de las tareas planeadas para una semana:

Figura 58. Diagrama de Gantt por Semana, Semana 04/06/2015



#### **4.2.2 Informes Resultados Semanales**

Así como se planean las actividades, semanalmente se deben evaluar los resultados, si se cumplieron las expectativas y si no se cumplieron evaluar las razones, revisar los inconvenientes que se presentaron, los errores que se cometieron, de esta manera se evita que se vuelvan comunes y apunta a un proceso de mejora continua.

Estos informes se iban completando a diario con las actividades que se llevaban a cabo, de esta forma se podían verificar los tiempos que se tomaban los operarios en realizar dicha tarea, la cantidad de insumos que se necesitaban para desarrollarla y las carencias que en ocasiones retrasaban las acciones.

Estos documentos además de mostrar el trabajo que se realiza, los avances, justificar la inversión que hacen los dirigentes de la compañía y mostrar algunas modificaciones definitivas son un medio para expresar preocupaciones por la falta de colaboración entre los equipos de trabajo o por la falta de colaboración de la misma junta directiva de la empresa con actividades indispensables para la puesta en marcha del molino.

A continuación se muestra un ejemplo de los informes que se hacían semanales para mostrar las tareas llevadas a cabo por el equipo de montaje mecánico:

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015



## SEGUIMIENTO MONTAJE MECÁNICO 07/04/2015

**8:00** Se encuentran 5 muchachos ya listos para trabajar. David y Germán están encargados de la tubería del segundo piso, están trabajando en el bypass.

Jairo está poniendo las bases de los disgregadores del primer piso.

**9:00** David y Germán ya están terminando la tubería de bypass del segundo piso y la de trigo del segundo piso.



Nelson está arreglando unos detalles de la tubería de desechos del tercer piso.

Matos, Cristian y Rigoberto están cuadrando la tubería del trigo del tercer piso, las uniones de la deschinadora al piso.

Ya tres disgregadores están completos con sus bases, uno quedó cojo y Jairo ya se va a poner a corregirlo.



FECHA: SEMANA 7-11/04/2015



**11:00** Con la presencia del señor Laurentino se verificó el trabajo que se ha realizado con la tubería, y él pidió modificar el montaje que se había hecho en el segundo piso para asegurar el buen funcionamiento del sistema y prevenir la acumulación de impurezas.

Se recibieron tres cajas con abrazaderas y dos cajas con dos motores.

**17:00** Se terminó la conexión del bypass del segundo piso con la modificación que se hizo a las 11:00 de la mañana.



En el tercer piso se adelantó la tubería del trigo que sale desde el canal de aire del cuarto piso y se ubicó el bypass.



En el tercer piso se ubicó la Y que une la salida del bypass y de la deschinadora y se empezó a armar el codo para la otra salida de trigo.

En el tercer piso se terminó la tubería de desechos con pintura.

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

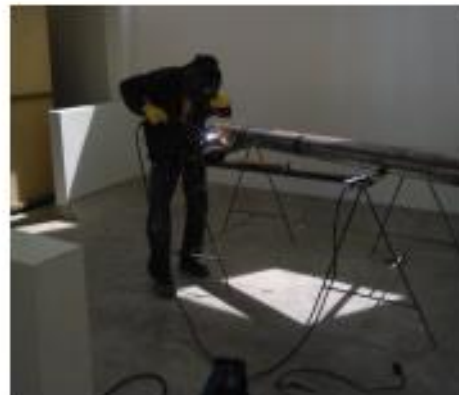
## SEGUIMIENTO MONTAJE MECÁNICO 08/04/2015

Durante la mañana se estuvieron adelantando las siguientes tareas:

- Soldadura de las grapas del alambre de púas.
- Ubicación del alambre de púas a las mallas.



- Soldadura de tubería y pulido para acabados de uniones.



FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

- Tubería de comunicación de la deschinadora y bypass.



Y se definieron los parámetros de las roscas ubicadas encima y debajo de los silos de acondicionamiento (quinto piso y primer piso):

ESPECIFICACIONES PARA ROSCAS TRANSPORTADORAS DE TRIGO		
DESCRIPCIÓN	TRANSPORTADOR 1ER PISO	TRANSPORTADOR 5TO PISO
MATERIAL A TRANSPORTAR	GRANO DE TRIGO	
CAPACIDAD DE TRANSPORTE REQUERIDA	12-15 Ton/h	
LONGITUD DE TRANSPORTE REQUERIDA	9.2 m	8.8 m
LONGITUD DE ROSCA DERECHA	3.9 m	8.8 m
LONGITUD DE ROSCA IZQUIERDA	5 m	0 m
LONGITUD SIN ROSCAR	30 cm	0 m
NÚMERO DE ENTRADAS	4	1
NÚMERO DE SALIDAS O DESCARGAS	1	4
MATERIAL DEL TRANSPORTADOR	HR	ACERO INOXIDABLE
TRANSMISIÓN	MOTOR-REDUCTOR CON ACOPLE DIRECTO DE CADENA	

RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE LA ROSCA		
DESCRIPCIÓN	TRANSPORTADOR 1ER PISO	TRANSPORTADOR 5TO PISO
DIAMETRO DEL HELICODIAL	10 in	10 in
PASO DEL HELICODIAL	10 in	10 in
TIPO DE ARTESA	TIPO U	TIPO U
DIAMETRO DEL EJE	2 in	2 in
TAMAÑO DE TUBO CÉDULA 40	2 1/2 in	2 1/2 in
LONGITUD ESTANDAR DE ARTESAS PARA C	9 ft (2.7 m)	9 ft (2.7 m)
ESPESOR DEL HELICODIAL ORILLA INTERIOR	3/8 in	3/8 in
ESPESOR DEL HELICODIAL ORILLA EXTERIOR	3/16 in	3/16 in
CALIBRE DE LA ARTESA	12	12

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

Durante la tarde se terminaron las siguientes tareas:

- Se finalizó la instalación de la tubería de trigo, ya queda pendiente las mangas de lona para terminar de sellar la tubería.



- Se terminó la tubería de desechos y la de trigo del segundo piso. Queda pendiente decidir si es necesario el uso de una malla en el canal de aire de la despuntadora para protección.



Con la presencia del Señor Enzo se hizo un recorrido por la edificación para ver el avance del montaje y se definieron algunos parámetros:

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

Por ejemplo,

- La pulidora del quinto piso se deja con la conexión tal y como se había planeado, la tubería de desechos se une a la línea con los de las demás máquinas.
- Para los respiraderos del quinto piso se utiliza un tubo corto con un codo y una malla en la tapa.
- Para la presencia de aire falso que se puede producir en la rosca que entrega el trigo mezclado con agua se puede utilizar un tubo con una malla para protección que desahogue la rosca.

## SEGUIMIENTO MONTAJE MECÁNICO 09/04/2015

Durante la mañana del jueves se arregló la base del disgregador que había quedado desnivelada, se hicieron las tapas para las compuertas de inspección de los silos de acondicionamiento del trigo y se empezaron a hacer las tolvas de los bancos de cilindros.

También se hizo un recorrido para verificar la cantidad de accesorios y el tipo de accesorios utilizados en el montaje de la tubería para la primera limpieza. A continuación se muestra:

PISO	CONCEPTO	CANTIDAD
1	Freno cuadrado	1
	Tolva canal de aire despuntadora	1
	Codos	2
2	Bypass	1
	Accesorio Y	2
	Tolva conexión despuntadora-canal aire	1
	Codos	6
	Reducción entrada despuntadora	1
	Reducción salida despuntadora	1
3	Bypass	1
	Accesorio Y	1
	Codos	5
	Tolva canal de aire vibroseparador	1
	Reducción entrada deschinadora	1
4	Bypass	1
	Freno redondo	1
	Codos	5
	Tolva canal de aire pulidora	1
5	Tolva pequeña salida elevador	1

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

Y durante la reunión que se llevó a cabo con presencia del Señor Javier Martínez y los responsables de cada una de las partes del proyecto se definieron aspectos relacionados con la obra civil, la parte ambiental por el tema de las plantas de tratamiento de agua tanto residual como potable y algunos aspectos del montaje mecánico.

Se hizo la recomendación de ubicar prontamente los pasamanos de las escaleras, poner la ventanería y tapar los huecos que hay en todos los pisos, de tal forma que sea un lugar más cómodo y seguro para los trabajadores, pues esto incrementa la productividad.

Se revisaron los planos del portón y se analizó la exclusiva de entrada peatonal y el peso de este. Se decidió correr la PETAR (pero se debe tener en cuenta que debe entrar una máquina bactro a hacer la limpieza y se debe dejar este espacio) y se deja pendiente el radio para que las mulas puedan entrar a la empresa fácilmente.

La reunión se retomó durante la tarde y se hizo un cronograma parcial teniendo en cuenta las labores del montaje mecánico y el montaje eléctrico. Se definió el tiempo que se tardaría en terminar el montaje por secciones del molino:

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	5 feb '15		06 abr '15		25 may '15		13 jul '15		31 ago '15		19 oct '15	
						D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
1		MONTAJE PRELUMPIA Y ACONDICIONAMIENTO	28 días	mié 01/04/15	vie 08/05/15												
2		MONTAJE SECCIÓN MOLIENDA	30 días	lun 27/04/15	vie 05/06/15												
3		MONTAJE SECCIÓN CERNIDO - PURIFICACIÓN	42 días	lun 04/05/15	mar 30/06/15												
4		MONTAJE SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	55 días	lun 18/05/15	vie 31/07/15												
5		MONTAJE EMPAQUE	43 días	lun 03/08/15	mié 30/09/15												
6		SUMINISTRO POTENCIA/CONTROL	108 días	lun 04/05/15	mié 30/09/15												

También con la presencia de Nelson Caballero representante de Sangati se hizo un recorrido por el molino y se observó el montaje que se lleva hasta el momento, él estuvo tomando fotos y dando sus ideas acerca del trabajo adelantado. Se le envió información acerca de algunos accesorios como el cono de salida del filtro Jet del quinto piso y de las roscas ubicadas encima y debajo de los silos de acondicionamiento para que él haga la respectiva cotización y tenerla en cuenta entre las opciones de compra.

FECHA: SEMANA 7-11/04/2015

## SEGUIMIENTO MONTAJE MECÁNICO 10/04/2015

A primer hora del viernes se hizo una reunión con el señor Alejandro representante de Alfering para mostrarle la ubicación de las roscas y verificar algunas medidas, de tal forma que ellos pudieran hacer una cotización. También nos informó que hasta ese día habían empezado a hacer la construcción de la rosca pequeña ubicada a la salida del canal de aire de la pulidora del quinto piso que ya se había dado la orden de hacer.

Durante el resto del día con la presencia del señor Enzo y de Víctor, el responsable de la parte eléctrica de la empresa Ingemel, se hizo la definición de la lógica para la automatización de la limpieza y el acondicionamiento del trigo.

Durante este día se estuvo trabajando en el montaje del elevador de desechos y en la fabricación de las tolvas de los bancos de cilindros.



## SEGUIMIENTO MONTAJE MECÁNICO 11/04/2015

Durante el sábado en la mañana se quitó un poste de luz, por los encargados Ingemel, se enviaron los correos para solicitar las respectivas cotizaciones a Alfering y a Nelson Caballero.

Este día se estuvo trabajando en el montaje del elevador de desechos y en la fabricación de las tolvas de los bancos de cilindros.

**4.2.3 Control de Insumos** Una parte importante del desarrollo y la supervisión del proyecto, es el control de los recursos empleados para cada una de las acciones que se ejecutan, esto permite la evaluación y planeación de próximas tareas.

Para hacer este control se llevan a cabo varios procedimientos, por ejemplo en este caso particular en Santa Marta se contrata una empresa que se encarga de dar la mano de obra y las herramientas que se necesitan para el montaje y el Molino se encarga de conseguir los materiales (acero, discos de corte, discos de pulir, soldadura, tornillos, silicona, etc.), que en muchas ocasiones trae desde Bucaramanga por cuestión de costos. Para conocer en detalle el movimiento de los materiales que se solicitan se completa y se lleva un formato de control de inventario en el que se especifica el uso que se le va a dar y la cantidad que se entrega además de la fecha y la persona que lo solicita.

Otra estrategia que se utiliza para controlar los costos de montaje, es la solicitud de varias cotizaciones a diferentes empresas a la hora de mandar a fabricar alguna máquina o comprar algún motor, de esta manera se pueden comparar las ventajas y desventajas en cuestión de tiempos de entrega, costos y hasta materiales y calidades.

Tabla 5. Control de Insumos

CONCEPTO	ENTRA		U	SALE			SALDO
	FECHA	CANTIDAD		USO	FECHA	CANTIDAD	
Discos de Corte 4,5	14/03/2015	50	#	CAJAS FRENO, BASES BANCOS	14/03/2015	5	45
Discos de Corte 4,5	20/03/2015	50	#	PAOLA: ALMACÉN	20/03/2015	9	41
Discos de Corte 4,5	27/03/2015	25	#	PAOLA: ALMACÉN	28/03/2015	10	15

### 4.3 CIERRE DEL PROYECTO

En esta fase se evalúan los alcances y el cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio del proyecto, estándares de calidad, resultados financieros, resultados operativos, ambientales y sociales.

**4.3.1 Reporte de Resultados** En la actualidad el proyecto del montaje del molino en su totalidad no se ha terminado, pero a continuación se muestran los resultados parciales del montaje mecánico que se ha adelantado durante cinco meses.

#### 4.3.1.1 Terminación del Circuito de Limpieza y Acondicionamiento del Trigo

Figura 59. Primera limpieza



Figura 60. Segunda limpieza



#### 4.3.1.2 Otros adelantos

Figura 61. Montaje sistema neumático



Figura 62. Instalación Cernedor



Figura 63. Instalación Bancos de Cilindros



#### **4.3.1.3 Evaluación**

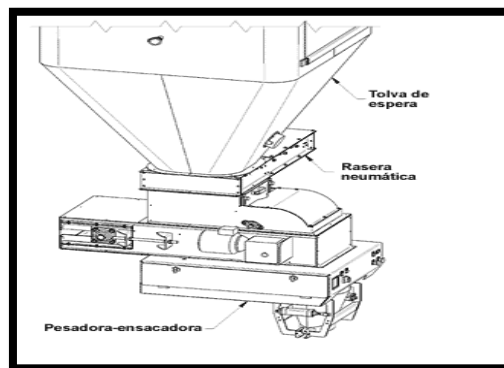
Como se puede observar en las imágenes ya se han posicionado y conectado varias máquinas, el circuito de limpieza y acondicionamiento está completo, se ha adelantado el montaje del sistema neumático, se posicionaron las cepilladoras, los bancos de cilindros con su respectivo motor, un savor y se inició el montaje del cernedor que es el corazón de la producción del molino.

Los estándares de calidad han sido cumplidos a cabalidad según lo que exige el INVIMA con el uso de diferentes materiales para las tuberías dependiendo de su función, por ejemplo para el transporte de trigo se utiliza acero estructural, para el transporte de los productos de la molienda se utiliza acero inoxidable y para los sistemas de aspiración se utiliza acero galvanizado.

## 5. DISEÑO DE TOLVAS

Una tolva es un accesorio similar a un embudo de grandes dimensiones que es utilizado para el depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. Su forma cónica y sus paredes inclinadas hacen que el flujo del material en su interior sea facilitado.

Figura 64. Tolva de alimentación



Fuente: GRUPO CLAVIJO. Pesadora ensacadora sin fin [online]. Citado [01/06/2015]. Disponible En:

<<http://www.grupoclavijo.net/es/agroalimentaria/productos-y-servicios/pesadora-ensacadora-de-piensos-en-sinfin>>

Las tolvas son diseñadas principalmente para la canalización de materiales que provienen de la salida de máquinas, depósitos, silos, entre otros. El diseño de la tolva es de suma importancia en el comportamiento de las máquinas o recipientes de los que canaliza el material ya que su configuración geométrica afecta de gran manera el flujo que se produce al interior de estos.

Si el flujo producido al interior de la tolva no es el correcto, pueden crearse problemas como la obstrucción de material a la entrada, acumulación de material,

descargas por baches, entre otros problemas que pueden afectar la calidad del producto manejado, el desempeño del proceso y en algunos casos las condiciones estructurales de los recipientes o máquinas.

Figura 65. Tolva de canalización



Fuente: Ingeniería Mecánica [online]. Consultado: [28/07/2015]. Disponible En: <<http://solumecca.com/ingenieriamecanica.html>>

## 5.1 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LAS TOLVAS

El diseño de las tolvas debe ser realizado con el fin de producir un flujo en masa del material que está siendo canalizado. Este tipo de flujo se caracteriza por ser uniforme, porque el flujo de alimentación no depende de la altura de material en la máquina o recipiente, no hay acumulación ni capas inactivas de material, lo cual garantiza un tiempo de residencia uniforme y otras ventajas que llevan a un mejor desempeño del proceso.

En general la tolva debe cumplir los siguientes requerimientos:

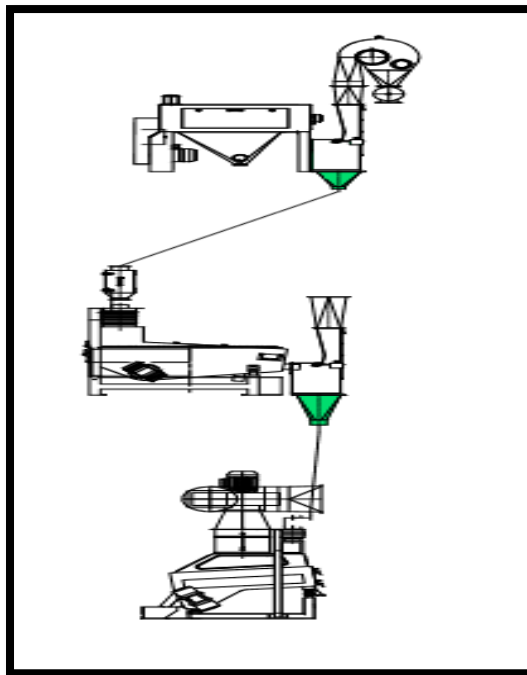
-El material de la tolva no debe reaccionar químicamente con el material que la atraviesa **[3]**.

-El material de la tolva debe impedir la proliferación de contaminantes **[3]**.

- El material de la tolva debe resistir el desgaste producido por la fricción con el material que la atraviesa [3].
- La tolva debe soportar el peso que puede llegar a acumularse en su interior sin deformarse [3].
- Los ángulos y el acabado a la salida de la tolva debe ser tal que no se acumule material a la salida [3].
- Dentro de la tolva se debe dar un flujo constante que garantice la evacuación del material [3].

Antes de definir los parámetros geométricos hay que tener en cuenta que el objetivo principal de las tolvas es el de canalización del trigo que sale de los separadores abiertos de aire en la sección de limpieza del trigo, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 66. Tolvas de canalización necesarias en la sección de limpieza del trigo



Las tolvas serán identificadas como Tolva 100 y Tolva 80 haciendo alusión a la referencia del separador de aire al que van conectadas.

## 5.2 DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA TOLVA

La geometría de la tolva, para proporcionar un flujo adecuado, debe ser lo suficientemente inclinada y además las paredes al interior de esta deben tener una baja fricción para facilitar el flujo sin generar capas inactivas de material. La salida de la tolva debe ser lo suficientemente amplia para suministrar el flujo requerido.

En el caso de las dos tolvas que serán diseñadas para la sección de limpieza, la geometría de la sección de las tolvas es dada por las condiciones del proceso.

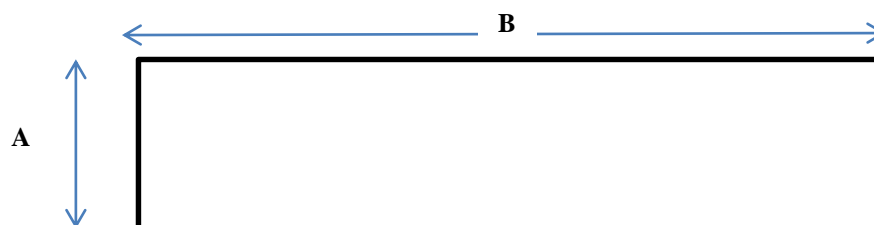
En primer lugar las tolvas serán de boca de entrada rectangular y de boca de salida circular, esto debido a que la salida de los canales de aire es rectangular y a que las tolvas descargan sobre la tubería del sistema de limpieza y acondicionamiento del trigo.

Las bocas de entrada de las tolvas deberán tener las siguientes medidas:

Tabla 6. Dimensiones de las tolvas

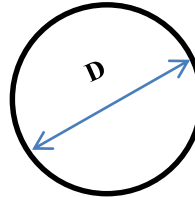
MEDIDAS [mm]	Tolva 80	Tolva 100
A	514	514
B	869	1239

Figura 67. Entrada rectangular de las tolvas



Por su parte las bocas de salida de las tolvas serán ambas iguales al diámetro de la tubería  $D=150$  mm:

Figura 68. Salida circular de las tolvas



La altura de las tolvas fue determinada a partir de las indicaciones del fabricante de los separadores de aire el cual recomienda las siguientes medidas:

Tabla 7. Altura de las tolvas

MEDIDAS [mm]	Tolva 80	Tolva 100
h	450	600

### 5.3 DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DE LAS TOLVAS

El material utilizado para la realización de las tolvas fue sugerido por el jefe de producción de molinos San Miguel que con su experiencia en elaboración de accesorios para la planta de molienda recomendó utilizar lámina HR de calidad comercial.

Las tolvas serán utilizadas para la canalización del trigo pero considerando un hipotético caso de almacenamiento sus pequeñas dimensiones no permitirían almacenar un volumen de trigo superior a 110 kg lo cual es insignificante teniendo en cuenta la resistencia del acero.

La lámina HR es llamada de esta forma debido a su proceso de elaboración "HOT ROLLED" o laminado en caliente. Esta lámina es elaborada en aceros de

diferentes calidades y en general es usada en la industria metalmecánica, industria de la construcción, estructuras metálicas, piezas automotrices, tanques para almacenamiento, fabricación de tubos soldados, entre otros. En este caso la calidad a utilizar es la comercial ya que no se requiere una gran resistencia estructural del material puesto que la tolva no va a estar sometida a grandes esfuerzos.

Los aceros comerciales SAE 1005, SAE 1006 y SAE 1008 tienen buena conformación en frío, se utilizan en piezas o elementos donde la resistencia a la tracción es de menor importancia y donde se requiere un severo doblado y buena soldabilidad. Su resistencia a la tracción es de 32 Kg/mm<sup>2</sup> y su límite elástico de 20 Kg/mm<sup>2</sup>.

Figura 69. Propiedades de la lámina HR

Propiedades Químicas									Propiedades Mecánicas				Aplicaciones	
Calidad	Norma	Designación	C	Mn	P	S	Si	Cu	Fluencia		Resistencia			Elongación % Min
									(KSI)	(MPA)	(KSI) Min-Max	(MPA) Min-Max		
Comercial	SAE J403	1006	0.08	0.45	0.030	0.035	.	.	.	.	.	.	Ornamentación, tubería soldada, autopartes, usos generales	
	SAE J403	1008	0.1	0.50	0.030	0.035	.	.	.	.	.	.		

Fuente: METAZA. Acero hot rolled [online]. Consultado: [02/06/2015]. Disponible En: <[http://www.metaza.com.co/media/acero\\_hot\\_rolled.pdf](http://www.metaza.com.co/media/acero_hot_rolled.pdf)>

El espesor de esta lámina va desde 1.5 hasta 9 mm. Teniendo en cuenta que la tolva no va a estar sometida a una gran presión y además que el flujo del trigo no proporcionará un gran desgaste, se decidió utilizar una lámina de espesor de 2 mm.

## 5.4 CÁLCULO DEL DESARROLLO DE LA TOLVA PARA EL TRAZADO DE LA PIEZA EN EL TALLER

- a) Para la realización del desarrollo se parte del trazado de la vista frontal y superior de la tolva [4]:

Figura 70. Vista superior de la tolva

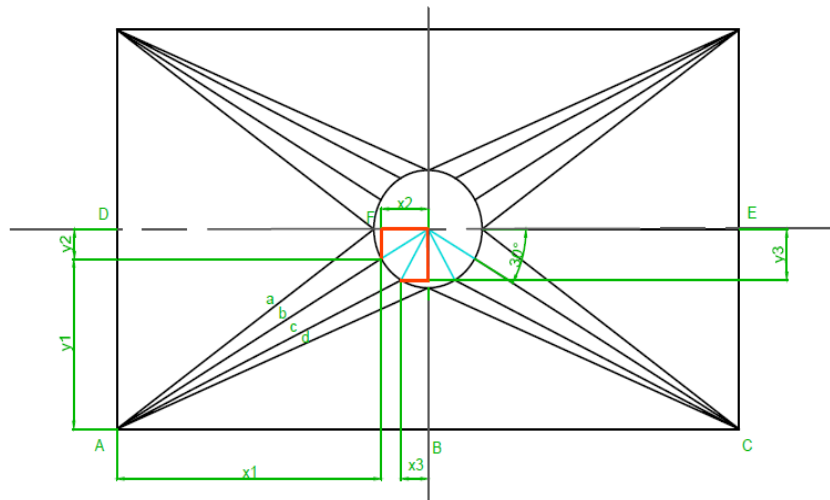
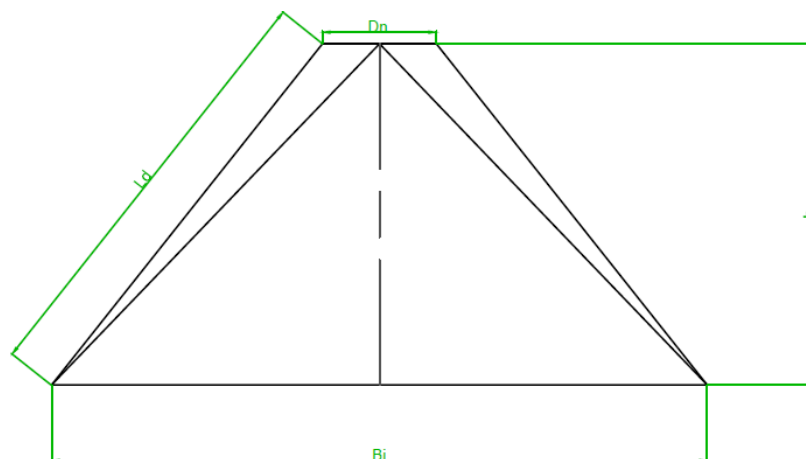


Figura 71. Vista frontal de la tolva



b) Se divide la semicircunferencia en 6 partes iguales (cada 30°) y se unen con las esquinas de la boca rectangular (Puntos A y C); estas generatrices no están en su verdadera magnitud ni en la planta ni en el alzado, por lo que es necesario hallarlas **[4]** :

- Diámetro neutro de la tolva:

$$Dn = Dt - e \quad (1)$$

Donde:

$Dt = 152$  [mm] Diámetro externo de la tubería.

$e = 2$  [mm] Espesor de la tolva.

-Ancho efectivo de la tolva:

$$Be = B - 2 \cdot e \quad (2)$$

Donde:

$B = 869$  [mm] Ancho de la boca de entrada de la tolva.

-Profundidad de la tolva:

$A = 514$  [mm]

-Altura de la tolva:

$h = 450$  [mm]

-Cálculo de las longitudes a, b, c y d:

A partir de las distancias indicadas en la figura 4 se pueden determinar de la siguiente manera:

$$a = \sqrt{DF^2 + \left(\frac{A}{2}\right)^2} \quad (3)$$

$$b = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad (4)$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{Be}{2} - x_3\right)^2 + \left(\frac{A}{2} - y_3\right)^2} \quad (5)$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{Be}{2}\right)^2 + \left(\frac{A - Dn}{2}\right)^2} \quad (6)$$

Donde:

$$DF = \frac{Be - Dn}{2} \quad (7)$$

$$y_2 = \frac{Dn}{2} \cdot \sin(30) \quad (8)$$

$$x_2 = \frac{Dn}{2} \cdot \cos(30) \quad (9)$$

$$y_1 = \frac{A}{2} - y_2 \quad (10)$$

$$x_1 = \frac{B}{2} - x_2 \quad (11)$$

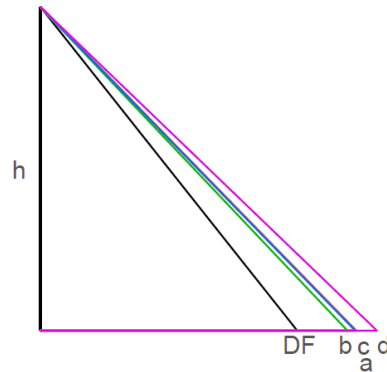
$$y_3 = x_2 \quad (12)$$

$$x_3 = y_2 \quad (13)$$

$Dn = 150 [mm]$	$x_1 = 368 [mm]$	$y_1 = 219 [mm]$	$a = 440 [mm]$
$Be = 865 [mm]$	$x_2 = 65 [mm]$	$y_2 = 38 [mm]$	$b = 428 [mm]$
$DF = 358 [mm]$	$x_3 = 38 [mm]$	$y_3 = 65 [mm]$	$c = 439 [mm]$
			$d = 469 [mm]$

- c) Se hallan en su verdadera magnitud las generatrices trazando triángulos, cuya altura es la de la tolva  $h$  y las bases son las generatrices vistas en planta (D-F, a, b, c, d) **[4]** :

Figura 72. Triángulo para hallar las generatrices



$$g_1 = \sqrt{(DF)^2 + h^2} \quad (14)$$

$$g_2 = \sqrt{(a)^2 + h^2} \quad (15)$$

$$g_3 = \sqrt{(b)^2 + h^2} \quad (16)$$

$$g_4 = \sqrt{(c)^2 + h^2} \quad (17)$$

$$g_5 = \sqrt{(d)^2 + h^2} \quad (18)$$

$$g_1 = 575 [mm] \quad g_2 = 630 [mm] \quad g_3 = 621 [mm]$$

$$g_4 = 629 [mm] \quad g_5 = 650 [mm]$$

d) Se procede a realizar el desarrollo de la tolva:

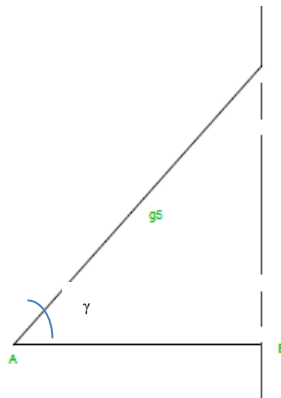
-Se traza la línea AB

$$AB = \frac{Bi}{2} \quad (19)$$

-Se calcula la inclinación de la línea que formará la generatriz  $g_5$  en el desarrollo, teniendo en cuenta que está será la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyo cateto adyacente será la línea AB **[4]**.

$$\gamma = \arccos\left(\frac{AB}{g_5}\right) \quad (20)$$

Figura 73. Trazado de la generatriz  $g_5$  en el desarrollo



$$\gamma = 48^\circ$$

-Se calcula el equivalente a un cuarto del desarrollo de la boca de entrada **[4]**:

$$div = \frac{\pi \cdot D_n}{4} \quad (21)$$

$$div = 118 [mm]$$

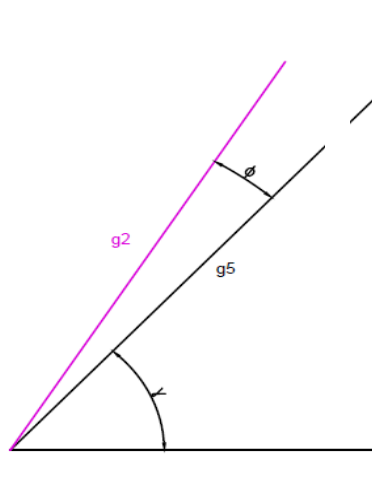
-Se halla el ángulo entre la generatriz g5 y la g2 correspondiente a la división calculada en el anterior punto, medida sobre la circunferencia formada por g5 **[4]**:

$$\phi = \frac{360 \cdot div}{2 \cdot \pi \cdot g_5} \quad (22)$$

$$\phi = 10^\circ$$

-Se traza la generatriz g2 a un ángulo  $\phi$  de la generatriz g5 **[4]**.

Figura 74. Trazado de la generatriz g2 en el desarrollo



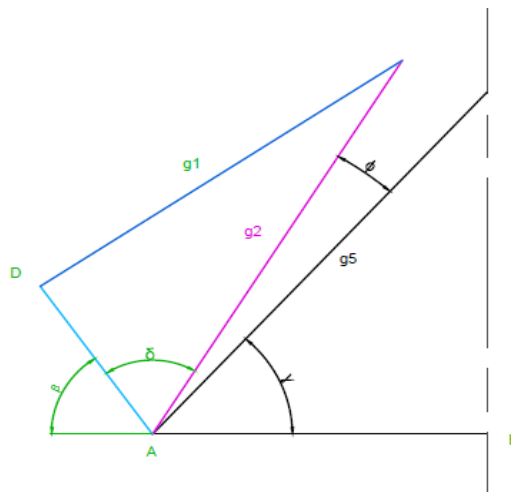
- Se traza la línea AD teniendo en cuenta que esta será el cateto adyacente de un triángulo cuya hipotenusa es g2 y el cateto opuesto es g1. A partir de esta

consideración se halla la inclinación de la línea AD con respecto a la horizontal  $\beta$  [4]:

$$\delta = \arcsin\left(\frac{g_1}{g_2}\right) \quad (23)$$

$$\beta = 180 - \gamma - \phi - \delta \quad (24)$$

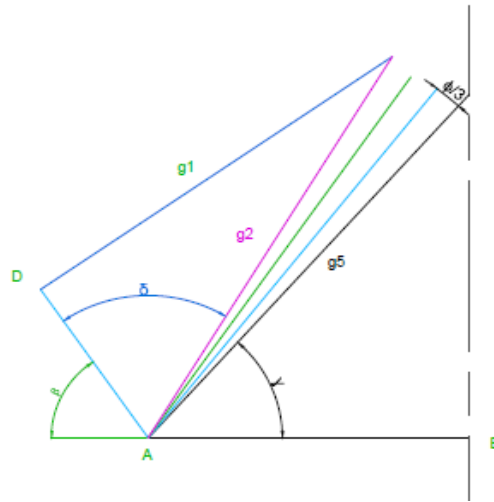
Figura 75. Trazado de la generatriz g1 en el desarrollo



$$\delta = 66^\circ \quad \beta = 55^\circ$$

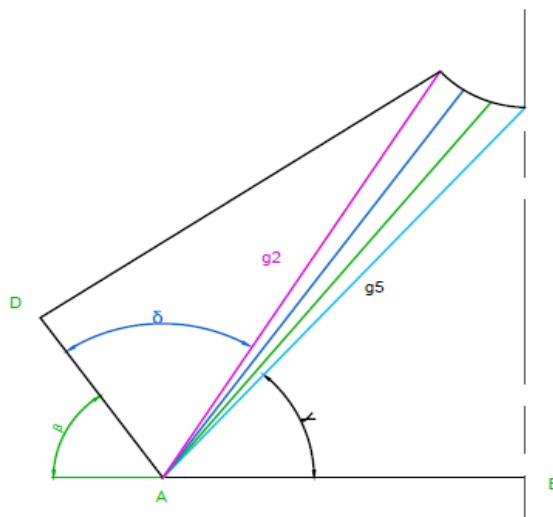
-Ahora se traza las generatriz g4 a partir de una inclinación  $\phi/3$  de g5 y la generatriz g3 a partir de una inclinación  $\phi/3$  de g4 [4].

Figura 76. Trazado de la generatriz g4 y de la generatriz g5 en el desarrollo



-Finalmente se unen los extremos de las generatrices g5 a g2 de forma tal que se aproximen lo máximo posible a un arco **[4]**.

Figura 77. Desarrollo de la tolva



La figura 77 realmente representa  $\frac{1}{4}$  del desarrollo de la tolva, a partir de este puede ser trazado el resto del desarrollo por simetría tal como se presenta en los planos de construcción.

Los resultados para la tolva 100 de  $B = 1239$  [mm] y  $h = 600$  [mm] son:

$$g_1 = 809 \text{ [mm]} \quad g_2 = 849 \text{ [mm]} \quad g_3 = 845 \text{ [mm]} \quad g_4 = 856 \text{ [mm]} \quad g_5 = 880 \text{ [mm]}$$

$$\gamma = 45^\circ \quad \phi = 7,7^\circ \quad \delta = 72^\circ \quad \beta = 54^\circ$$

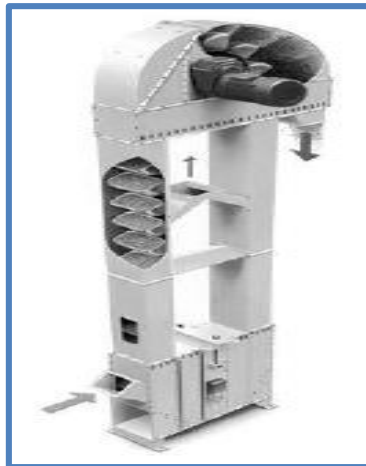
Debido al tamaño de las tolvas estas no pueden ser construidas a partir de una sola lámina por lo cual cada una será fabricada a partir de 2 láminas iguales con la mitad del desarrollo.

## 6. DISEÑO DE LOS TRANSPORTADORES

### 6.1 SELECCIÓN DE LOS ELEVADORES DE CANGILONES

Los elevadores de cangilones son sistemas mecánicos utilizados para el transporte (vertical, horizontal o inclinado de hasta 70°) continuo de materiales sólidos a granel. Este transportador usa una serie de canecas conocidas como “cangilones” montadas sobre una cadena o una banda de movimiento continuo que eleva el grano. Los cangilones son llenados cuando el elemento al que son acoplados (banda o cadena) se está moviendo alrededor de la polea conducida y el grano está siendo cargado a través del pie del elevador. El elemento de transmisión flexible transporta el material hasta la cabeza del elevador donde el grano es descargado.

Figura 78. Elevador de cangilones



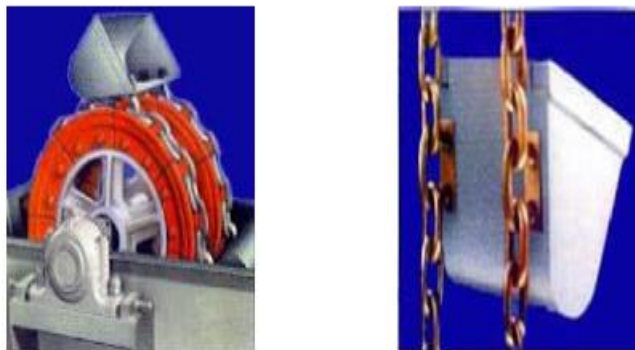
Fuente: GREGG, Bill y BILLUPS, Gary. Seed Conditioning [Online]. Chapter 10. Elevators. Science Publishers 2010. CRCnetBASE. ISBN: 978-1-4398-4508-0. P. 116-148.

**6.1.1 Clasificación.** Los elevadores de cangilones pueden ser diseñados de diferentes maneras teniendo en cuenta su altura y el material a ser transportado. A continuación se presentan los diferentes tipos de elevadores que pueden ser utilizados dependiendo de diferentes criterios.

**6.1.1.1 Conforme al elemento de transmisión al que es acoplado el cangilón**

**-Cadena:** Las cadenas son utilizadas en los elevadores de forma única o doble. Normalmente se utilizan cadenas de eslabones de acero soldados y calibrados, aunque en algunas aplicaciones es utilizado el tipo de cadena de rodillos.

Figura 79. Elevadores de cangilones de cadena



Fuente: DOS SANTOS, Cecília. Elevadores de canecas: estudo da arte e projeto de dimensionamento. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Uberlandia: Universidad Federal de Uberlandia. Facultad de ingeniería Química, 2010. p. 27.

Sostienen los cangilones con mayor rigidez y por lo tanto soportan mayores esfuerzos que la banda. Tienen la desventaja de que se desgastan más fácilmente cuando se trabaja con materiales abrasivos, siendo recomendadas para materiales que fluyan fácilmente y que tiendan a fragmentarse o a acumularse (lo cual podría ocasionar daños en la transmisión por banda). Normalmente se usan cadenas en aplicaciones de elevadores de alta capacidad donde se manipulen materiales muy pesados y que requieran elevarse a grandes alturas. También son

recomendadas en aplicaciones donde se transporten materiales calientes u otros materiales que al entrar en contacto con la banda podrían ocasionar problemas. Manejan un rango de menor velocidad de operación en comparación con el usado en las bandas.

**-Banda:** En términos generales las bandas utilizadas en los elevadores son iguales a las utilizadas en los transportadores horizontales, con la diferencia que están diseñadas para tener una mayor resistencia siendo normalmente fabricadas con insertos metálicos y revestimientos adicionales.

Figura 80. Elevador de cangilones de banda



Fuente: BELTS FLEX. Banda para elevador de cangilones [online]. Consulta [05/05/2015]. Disponible En: <[http://www.interandean.com/web/webimg/2014-06-24\\_DBJZER.pdf](http://www.interandean.com/web/webimg/2014-06-24_DBJZER.pdf)>

En los elevadores de cangilones se utilizan bandas de mayor rigidez debido a que se ven afectadas por las perforaciones que son realizadas para la sujeción de los cangilones y también por la carga que se genera por el peso elevado en estos. Son diseñadas para ser resistentes a la abrasión y deben operar debidamente tensionadas. Trabajan a mayores velocidades que las cadenas y manipulan materiales pulverizados o de partes pequeñas con pesos bajos, siendo normalmente usadas para el transporte de materiales a granel.

### 6.1.1.2 Conforme a la posición del elevador

**-Elevadores verticales:** Normalmente construidos con cangilones espaciados.

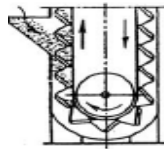
**-Elevadores Inclinados:** Normalmente construidos con cangilones continuos.

**-Transportador Horizontal:** Normalmente construidos con cangilones basculantes.

### 6.1.1.3 Conforme al tipo de carga

**-Directamente desde tolva:** Son utilizados en aplicaciones donde se requiera el transporte de materiales de pedazos de gran tamaño y abrasivos.

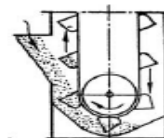
Figura 81. Carga desde tolva de un elevador



Fuente: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

**-Por dragado:** La alimentación del material es realizada desde una boca que entrega el material a la parte inferior del pie del elevador, donde este es recogido durante el giro de los cangilones sobre la polea conducida. Se utiliza para el transporte de materiales que no ofrecen resistencia a la extracción, polvos y de granulación fina.

Figura 82. Carga por dragado de un elevador



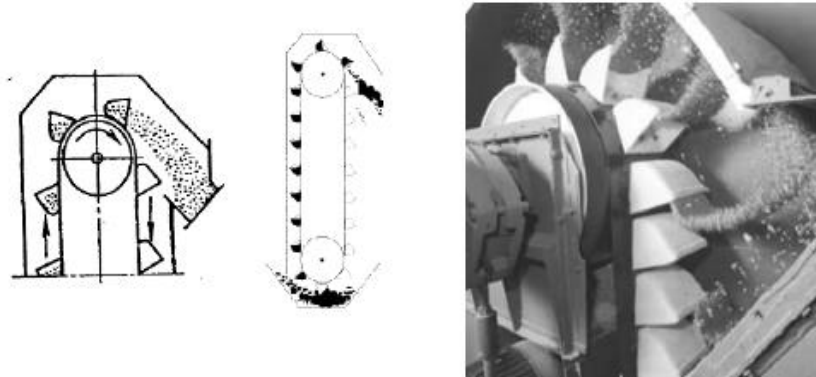
Fuente: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

#### 6.1.1.4 Conforme al tipo de descarga

**-Elevadores de descarga centrífuga:** Son elevadores cuya descarga es realizada por medio de la fuerza centrífuga generada por la rotación del sistema. La descarga es realizada en el momento en el que el cangilón pasa sobre la polea ubicada en la cabeza del elevador.

Los elevadores de descarga centrífuga son el tipo más común. Esta clase de elevadores debe tener mayores velocidades de operación (entre 1-2 m/s) para garantizar la descarga del material por efecto de la fuerza centrífuga. Los cangilones van montados en una o varias filas y pueden ser cargados mediante tolva o por dragado del material depositado en el pie del elevador. El paso de los cangilones normalmente es de 2 a 3 veces su proyección. Este tipo de elevadores es ampliamente utilizado en materiales que fluyen libremente y secos.

Figura 83. Elevadores de descarga centrífuga



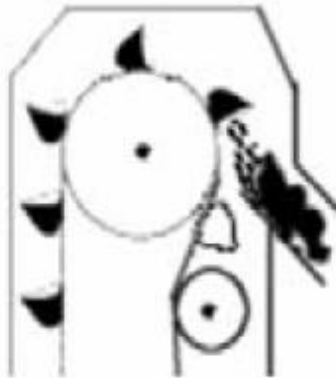
Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

**-Elevadores de descarga por gravedad:** Este tipo de elevadores es usado a velocidades de operación bajas por tanto suelen ser utilizados para el transporte de pocas cantidades de material. En este caso se aprovecha el peso del material para la descarga del mismo.

La descarga por gravedad puede ser libre o dirigida:

El elevador de descarga por gravedad libre tiene la particularidad de llevar una polea inmediatamente después de la descarga que obliga al cangilón a voltearse completamente. Se utilizan con materiales frágiles, húmedos o de alta granulometría que no serían descargados eficientemente mediante la acción centrífuga.

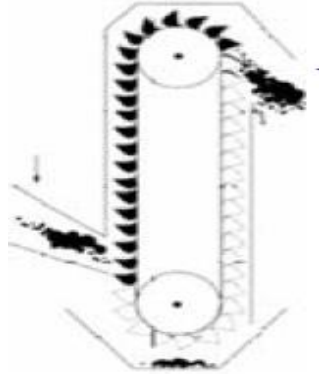
Figura 84. Elevadores de descarga por gravedad libre.



Fuente: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

En el caso de los elevadores de descarga por gravedad dirigida o continua, los cangilones son situados de forma continua sin separación entre ellos. La descarga del material es realizada por efecto de la gravedad utilizando la parte inferior del cangilón precedente como tolva de descarga. Son utilizados para materiales frágiles en polvo o fluidos. Los cangilones no son diseñados para escavar el material por lo cual su alimentación se hace únicamente desde tolva.

Figura 85. Elevadores de descarga por gravedad dirigida



Fuente: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

**-Elevadores de descarga positiva:** Son elevadores semejantes a los de descarga por gravedad libre con la única diferencia que el elevador de descarga positiva está necesariamente constituido por 2 cadenas que aseguran el cangilón lateralmente.

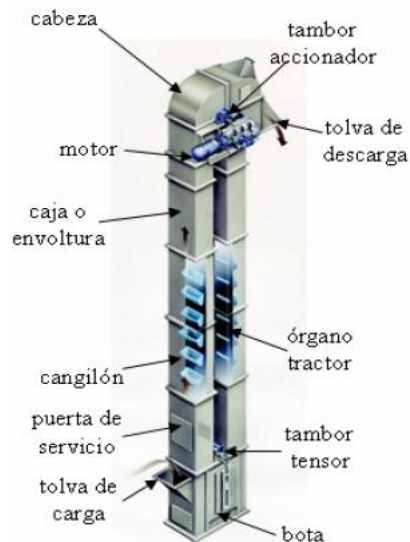
Figura 86. Elevadores de descarga positiva



Fuente: DOS SANTOS, Cecília. Elevadores de canecas: estudo da arte e projeto de dimensionamento. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Uberlandia: Universidad Federal de Uberlandia. Facultad de ingeniería Química, 2010. p. 27.

## 6.1.2 Componentes

Figura 87. Componentes de un elevador de cangilones



Fuente: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

**6.1.2.1 Cabeza del elevador.** La cabeza del elevador es el conjunto ubicado en la parte superior, el cual está conformado por el sistema de accionamiento (Motor y sistema de transmisión), la tolva de descarga y la polea de accionamiento o conductora.

La unidad de accionamiento es posicionada en una plataforma la cual permite soportar el motor y la transmisión y además también proporciona un espacio suficiente para cuando se vayan a ejecutar las tareas de mantenimiento.

La polea o rueda de accionamiento es la encargada de transmitir el movimiento a la banda o a la cadena que soporta los cangilones.

La polea es fabricada en fundición o en chapa de acero y suele utilizarse el diseño con bombeo con el fin de centrar la banda. También es recomendable recubrirla con un caucho en aquellas aplicaciones donde se genera mucho polvo,

garantizando de esta forma un menor desgaste y además consiguiendo un aumento del coeficiente de rozamiento evitando posibles deslizamientos.

En algunas aplicaciones suele utilizarse un freno conectado al eje de la polea o rueda de accionamiento. Este freno permite el movimiento en el sentido de elevación y en caso tal de que el elevador se detenga con los cangilones cargados impide el retroceso de la banda o cadena evitando así que el material que en ese momento está siendo transportado sea descargado en el fondo del elevador.

La tolva de descarga es la encargada de captar y guiar el material descargado por los cangilones.

Figura 88. Cabeza del elevador



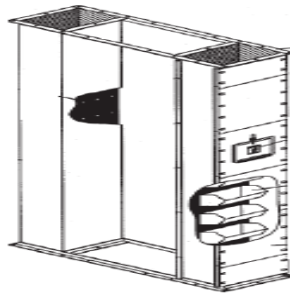
Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123

**6.1.2.2 Estructura central.** La estructura central es la parte del elevador que conecta el conjunto ubicado en la parte superior (cabeza) con el conjunto ubicado en la parte inferior (pie). Es construida en módulos de longitudes estándar normalmente hechos de lámina soldada y antiguamente contruidos en madera.

Su longitud total depende de la altura del elevador y sus dimensiones deben ser lo suficientemente grandes para permitir el paso de la banda o cadena con los cangilones dejando una holgura a cada lado. Existe un ramal de subida en el cual los cangilones van cargados y el de bajada en cual van vacíos.

La estructura central tiene como función proteger los elementos que forman al elevador de cangilones (elemento de transmisión, cangilones, etc.) y también proporcionar rigidez a todo el conjunto.

Figura 89. Estructura central del elevador



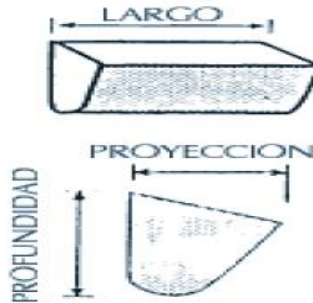
Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123

**6.1.2.3 Elemento de transmisión flexible.** Es el componente que transporta los cangilones desde el pie hasta la cabeza del elevador, puede ser una banda o una cadena.

**6.1.2.4 Cangilones.** Son los componentes responsables del transporte del material. Existen diferentes diseños dependiendo de las características del producto y de la carga a transportar. Su tamaño y perfil están normalizados según DIN. Pueden ser construidos en material metálico, plástico, nylon, polietileno, fibra, acero inoxidable o fundición.

Las medidas principales que definen al cangilón son el largo, la profundidad y la proyección.

Figura 90. Medidas principales de un Cangilón



Fuente: AGUIRRE, Joffre y WIESNER, Vicente. Diseño de un elevador de cangilones para un sistema de recirculación de arena de moldeo con capacidad de 50 ton/ día. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. p.99.

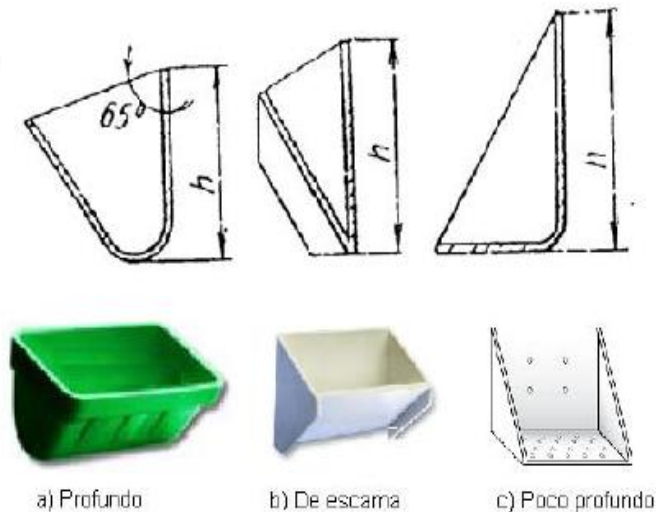
Se clasifican principalmente en 3 tipos:

Los cangilones profundos empleados con materiales que no son pegajosos y que son de fácil movimiento, como por ejemplo con cereales.

Los cangilones de escama, utilizados en elevadores de descarga por gravedad.

Los cangilones poco profundos, empleados en el transporte de materiales pegajosos o húmedos.

Figura 91. Tipos de cangilones



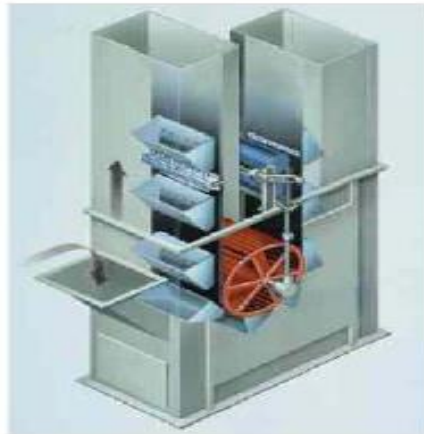
Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

**6.1.2.5 Puertas de servicio.** Están localizadas normalmente en la cabeza y el pie del elevador. Su función es facilitar el acceso para inspecciones y mantenimiento del equipo.

**6.1.2.6 Pie del elevador.** Es el conjunto ubicado en la parte inferior del elevador. Está conformado por la polea o rueda conducida junto con su eje, el tensor y la tolva de alimentación.

Se recomienda que la construcción de la polea conducida sea del tipo jaula de ardilla para evitar que el material derramado durante el transporte se aloje entre la polea y la banda lo cual produce un mayor desgaste de esta.

Figura 92. Pie del Elevador



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

**6.1.2.7 Tensor.** Este componente es el encargado de tensar la banda o cadena del elevador para garantizar un buen funcionamiento del sistema. Está localizado normalmente en el pie del elevador y el más utilizado es el tensor de tipo tornillo.

**6.1.3 Características del elevador de cangilones escogido.** Los 3 elevadores requeridos en la sección de limpieza y acondicionamiento del trigo tendrán las mismas características ya que tanto la capacidad, la altura y el material que se requiere transportar son iguales.

a) El elevador utilizado para el transporte de trigo desde el primer hasta el último nivel de la planta de molienda de trigo tendrá las siguientes características:

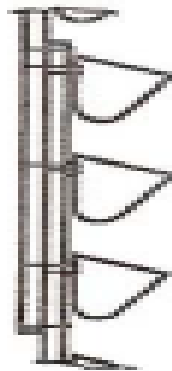
- El elemento de transmisión a utilizar será una banda debido a sus ventajas como menor desgaste, trabajo silencioso, menor consumo de energía y velocidades de desplazamiento elevadas. Además también se adopta esta decisión teniendo en cuenta que la banda es el tipo de elemento de transmisión recomendado para el

transporte de alimentos y el utilizado comúnmente en los molinos de harina de trigo.

- La unión de la banda del elevador se puede realizar de diferentes formas:

Superpuesta: Es el tipo de unión utilizado en aplicaciones con tensiones intermedias de servicio. Consiste en superponer un extremo de la banda al otro en una longitud al menos igual al ancho de la banda. Se utilizan los mismos bulones del cangilón para lograr la unión.

Figura 93. Unión de banda Superpuesta



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

Yuxtapuesta: Este tipo de unión se utiliza en aplicaciones de bandas con poco espesor. Consiste en la unión de los extremos de la banda colocándose sobre ellas otro trozo de banda de igual ancho y de largo suficiente para para tomar por lo menos un cangilón por lado.

Figura 94. Unión de banda Yuxtapuesta



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

Vulcanizada: Este tipo de unión es utilizada para aplicaciones de servicio pesado.

Metálica: Este tipo es utilizado cuando la tensión de trabajo es inferior a la mitad de la tensión nominal de diseño de la banda. Proporciona un transporte más silencioso que el de las uniones superpuestas o yuxtapuestas.

En ángulo: Este tipo de unión es bastante práctico, el diseño del ángulo varía dependiendo de la norma utilizada. Es de funcionamiento silencioso y el radio de doblado de la banda está determinado por el espesor de la banda.

Figura 95. Unión de banda en ángulo



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

En cangilón: En este tipo de unión los extremos de la banda son unidos por el mismo tornillo que sujeta a un cangilón. Este tipo solo es utilizado en condiciones de trabajo de muy baja exigencia.

Figura 96. Unión de banda en cangilón



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. Interacción de ANSYS con entornos de ventanas a medida. Aplicación al campo de la ingeniería mecánica. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010. p. 123.

En este caso la unión que será utilizada va ser del tipo superpuesta debido a que las condiciones de tensión a las que estará sometida la banda no serán muy altas y además porque es un tipo de unión que ha sido utilizado anteriormente en los elevadores de la planta de molinos San Miguel en Bucaramanga.

- El tipo de carga del elevador será desde tolva puesto que no es recomendable la acumulación del trigo en el fondo del elevador debido a las condiciones impuestas para el transporte y manipulación de alimentos.

- El tipo de descarga del elevador será centrífuga debido a que el trigo cumple con las condiciones de ser un material que fluye fácilmente y que tiene baja humedad relativa. Esta elección se hace teniendo en cuenta que los elevadores de descarga centrífuga de alta velocidad son el tipo de elevadores más utilizados para el transporte de granos.

#### **6.1.4 Cálculos necesarios para la selección del elevador**

**6.1.4.1 Determinación de las características del material a ser transportado.** Lo primero que se debe hacer para la selección del elevador de cangilones adecuado es determinar las características del material a ser transportado. Teniendo en cuenta las indicaciones de la CEMA:

Tabla 8. Densidad del trigo

Material	Densidad (lb/ft <sup>3</sup> )
Trigo	45-48

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

**6.1.4.2 Capacidad del transportador.** El elevador debe ser seleccionado para manejar la máxima carga a la que va a ser expuesto. En este caso se va a diseñar para transportar 15 Ton/h de granos de trigo, lo cual asegura un factor de seguridad de 1.25 respecto a la carga real de 12 Ton/h.


Entonces tenemos que: 1 tonelada = 1000 Kg, Por tanto 15 Ton/h son equivalentes a 15 000 Kg/h

**6.1.4.3 Determinación del tamaño del cangilón.** La marca de cangilón que va a ser utilizada es LUFELO ya que ha sido anteriormente utilizada en elevadores de cangilones instalados en la planta de Bucaramanga y se han tenido buenos resultados con ella.

El tipo de cangilón a utilizar será un cangilón T LUFELO el cual es apropiado para aplicaciones abrasivas, en especial para el transporte de granos como el trigo. El material del cangilón utilizado será polietileno, debido a las ventajas que este presenta en el transporte de alimentos.


Figura 97. Catálogo de selección del Cangilón T Lufelo

**CANGILÓN T LUFELO**



**Tornillos fijadores de Cangilón para Elevador.**

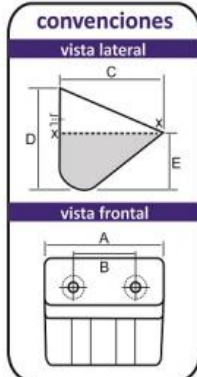
- 1 / 4 " x 1"
- 5 / 16 " x 1 1/4"
- 5 / 16 " x 1 1/2"



Tipo	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	Diá. Agu.	Cant. Agu.	Capacidad Cm <sup>3</sup> x --- x	Peso gr.
4T x 3"	107	63	87	74	50	1/4	2	270	120
5T x 4"	136	77	115	113	67	1/4	2	588	230
6T x 4"	156	110	117	92	61	1/4	2	617	245
7T x 4"	192	68	114	91	64	1/4	3	690	266
7T x 5"	184	120	120	110	60	1/4	2	720	240
7TG x 5 1/2"	185	68	140	120	90	5/16	3	1.161	415
8T x 5"	208	66	142	128	79	5/16	3	1.520	420
9T x 5"	228	92	135	120	80	1/4	3	2.238	450
9T x 6"	235	92	164	149	103	5/16	3	2.238	569
10T x 6"	260	105	170	158	99	5/16	3	2.310	763
12T x 7"	303	85	203	170	120	5/16	4	3.400	1.200

**Cangilones**

**convenciones**



**TABLA TÉCNICA**

Fuente: LUFELO. Cangilones [online]. Consultado [28/07/2015]. Disponible En: <[http://www.lufelo.com.co/sitio/productos\\_detalle.php?id=51](http://www.lufelo.com.co/sitio/productos_detalle.php?id=51)>

La elección de los cangilones se hará teniendo en cuenta que la velocidad recomendada para el transportador debe estar entre 1-2.5 m/s. Escogiendo un cangilón 7T x 5" se tiene que las dimensiones características del cangilón son:

A=184 [mm], B= 120 [mm], C=120 [mm], D=110 [mm], E=60 [mm],

Diámetro de los agujeros del tornillo fijador = 1/4 [in]

Cantidad de agujeros: 2

Capacidad= 720 [ $cm^3$ ] ó 0,72[L]

Peso= 240 [gr]

Ahora se procede a calcular la masa de trigo que puede ser contenida por el cangilón:

$$m_p = 0,85 \cdot C_c \cdot \gamma_t \quad (25)$$

Donde:

$m_p$ : Masa de producto contenida por el cangilón.

$C_c$ : Capacidad del cangilón.

$\gamma_t$ : Densidad del trigo.

El término 0,85 es un factor representativo que tiene en cuenta que el cangilón no está lleno al 100 %, siendo considerado un relleno aproximado del 85 %.

$$C_c = 720 [cm^3]$$

$$\gamma_t = 0,77 [\frac{g}{cm^3}]$$

$$m_p = 471 [g] = 0,471 [Kg]$$

Entonces para el transporte de las 15 Ton/h:

$$N_c = \frac{C_T}{m_p} \quad (26)$$

Donde:

$N_c$  : Número de cangilones por tiempo.

$C_T$  : Capacidad del transportador.

$m_p$ : Masa de producto contenida por cangilón.

$$C_T = 15\,000 \text{ Kg/h}$$

$$m_p = 0,471 \text{ [Kg/Cangilón]}$$

$$N_c = 31847 \frac{\text{Cangilones}}{h} \quad \text{ó} \quad 8,85 \frac{\text{Cangilones}}{s}$$

Espaciado de los cangilones:

$$t \cong 2,1 \cdot h \quad (27)$$

Donde:

$t$ : Paso del cangilón.

$h$  : Proyección del cangilón.

$$h = 120 \text{ [mm]}$$

$$t = 250 \text{ [mm]}$$

Velocidad de desplazamiento de la banda:

$$v = N_c \cdot t \quad (28)$$

Donde:

$v$ : Velocidad de la banda.

$N_c$  : Número de cangilones por tiempo.

$t$ : Paso del cangilón.

$$N_c = 8,85 \frac{\text{Cangilones}}{s}$$

$$t = 250 \text{ [mm]} \text{ ó } 0,25 \text{ [m]}$$

$$v = 2,2 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**6.1.4.4 Tamaño de las poleas.** Teniendo en cuenta que los elevadores comúnmente utilizados por la planta de molienda de Bucaramanga trabajan entre 90 y 110 rpm y que a estas velocidades se ha conseguido un buen desempeño se utilizará una velocidad angular de 110 rpm según las disposiciones del jefe de producción de la empresa.

La velocidad lineal está relacionada con la velocidad angular a través de la siguiente ecuación:

$$v = n \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{D}{2} \quad (29)$$

Donde:

$v$  : Velocidad lineal [m/s]

$n$  : Velocidad angular en [rpm]

$D$  : Diámetro de la Polea [m]

Por tanto el diámetro de las poleas será igual a:

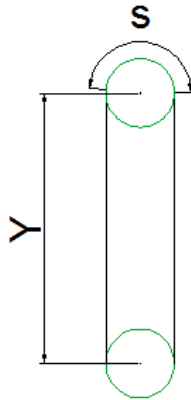
$$D = \frac{2 \cdot v}{n} \cdot \frac{60}{2\pi} \quad (30)$$

$$D = 0,38 \text{ [m]}$$

- La polea elegida para el extremo inferior del elevador (polea conducida) será del tipo jaula de ardilla con el propósito de disminuir el desgaste de la banda.

#### 6.1.4.5 Longitud aproximada de la banda:

Figura 98. Longitud de la banda



$$L = 2 \cdot Y + 2 \cdot S \quad (31)$$

$$S = \frac{\pi D}{2} \quad (32)$$

Donde

$L$  : Longitud de la banda

$Y$  : Distancia entre centros de las poleas

$S$  : Desarrollo del diámetro de la polea

$D$  : Diámetro de la polea

$$Y = 22.5 [m]$$

$$S = 0.6 [m]$$

$$L = 46.2 [m]$$

**6.1.4.6 Ancho de la banda.** Conociendo el ancho del cangilón y teniendo en cuenta que la banda debe ser aproximadamente 4 cm más ancha se tiene que el ancho aproximado de la banda se puede calcular como:

$$Ab = Ac + 40 \quad (33)$$

Donde:

*Ab*: Ancho de la banda

*Ac*: Ancho del cangilón

$$Ac = 184 \text{ [mm]}$$

$$Ab = 224 \text{ [mm]}$$

**6.1.4.7 Selección de la banda.** Para determinar qué tipo de banda debe ser utilizada se debe calcular el esfuerzo a la que está será sometida teniendo en cuenta el peso de los cangilones, el peso del producto y el peso propio de la banda.

$$Sb = \frac{Pc + Pp + Pb}{Ab} \quad (34)$$

Donde:

*Sb*: Esfuerzo de la banda

*Pc*: Peso de los cangilones vacíos

*Pp*: Peso del producto

*Pb*: Peso de la banda

*Ab*: Ancho de la banda

$$Pc = \frac{L}{t} \cdot m_c \quad (35)$$

$$Pp = \frac{Y}{t} \cdot m_p \quad (36)$$

$$Pb = Pbe \cdot L \quad (37)$$

Donde:

$m_c$ : Masa del cangilón.

$m_p$ : Masa de producto contenida por cangilón.

$L$  : Longitud de la banda

$Y$  : Distancia entre centros de las poleas

$t$ : Paso del cangilón.

$Pbe$ : Peso de la banda por longitud

$$m_c = 0,240 [Kg]$$

$$m_p = 0,471 [Kg]$$

$$L = 46.2 [m]$$

$$Y = 22.5 [m]$$

$$t = 0,25 [m]$$

Entonces:

$$Pc = 44.4 [Kg]$$

$$Pp = 42.39 [Kg]$$

Ahora teniendo como referencia el catálogo de icobandas:

Figura 99. Catálogo para la selección de la banda

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	icobandas ENL											
		168	252	336	420	220	330	440	550	280	420	560	700
Tipo													
Número de lonas		2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Espesor cojines	Pulgadas	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	5/64	5/64	5/64	5/64
Espesor total	mm	2,4	3,8	5,2	6,6	2,4	3,8	5,2	6,6	3,4	5,3	7,0	8,7
Peso	g/pulg/m	74	120	171	233	74	123	178	233	92	153	213	273
Carga de trabajo	lb/pulg	168	252	336	420	220	330	440	550	280	420	560	700
Carga de rotura	lb/pulg	1680	2520	3360	4200	2200	3300	4400	5500	2800	4200	5600	7000

Fuente: ICOBANDAS. Icobandas ENL [online]. Consultado: [07/06/2015].  
 Disponible En: <<http://www.icobandas.com/productos/icobandas-para-transporte-vertical-y-accesorios/icobandas-enl%C2%AE/>>

Seleccionando inicialmente una banda tipo 330 de 3 lonas:

$$Pbe = 123 \left[ \frac{g}{m} \right]$$

$$Pb = 5,7 [Kg]$$

Por lo tanto el esfuerzo en la banda sería:

$$Ab = 0,224 [m]$$

$$Pc = 44.4 [Kg]$$

$$Pp = 42.4 [Kg]$$

$$Pb = 5,7 [Kg]$$

$$Sb = 413 \left[ \frac{Kg}{m} \right] \quad \text{Ó} \quad Sb = 23,13 \left[ \frac{Lb}{in} \right]$$

Por tanto vemos que hasta una banda de 2 lonas tipo 168 podría servir.

Corrigiendo el peso de la banda:

$$Pbe = 74 \left[ \frac{g}{m} \right]$$

$$Pb = 3,4 [Kg]$$

El esfuerzo será:

$$Sb = 403 \left[ \frac{Kg}{m} \right] \quad \text{Ó} \quad Sb = 22,6 \left[ \frac{Lb}{in} \right]$$

Por lo tanto teniendo en cuenta que el esfuerzo de trabajo de esta banda es de:

$$Sn = 168 \left[ \frac{Lb}{in} \right]$$

Se tendrá un factor de seguridad de aproximadamente 7 lo cual es un valor bastante seguro para la operación de los elevadores de cangilones.

#### **6.1.4.8 Determinación de la potencia necesaria para el transporte de la carga.**

Existen diferentes correlaciones que son comúnmente utilizadas para la estimación de la potencia, a continuación se presenta una de ellas:

$$Pe = \frac{F_a \cdot v}{\eta} [W] \quad (38)$$

Donde:

$Pe$ : Potencia requerida por el elevador.

$F_a$ : Peso del producto que se debe transportar.

$v$ : Velocidad de desplazamiento de la banda en m/s.

$\eta$ : Eficiencia del motor.

$$F_a = (Pc + Pp) \cdot 9,81 \quad (39)$$

Donde:

$Pc$ : Peso de los cangilones vacíos

$Pp$ : Peso del producto

$$P_c = 44.4 [Kg]$$

$$P_p = 42.39 [Kg]$$

$$F_a = 852 [N]$$

Considerando un motor con una eficiencia de aproximadamente el 90 %

$$\eta = 0,9$$

$$v = 2,2$$

$$P_e = 2083 [W] , 2,8 [hp]$$

Por tanto utilizando un factor de servicio de 1.2 teniendo en cuenta posibles sobrecargas o problemas debido a la alineación se recomienda utilizar un motor de 5 [hp] que es el valor comercial más próximo a 3,36 [hp].

Para verificar que el valor obtenido es correcto se utilizó una correlación de carácter más práctico:

$$P_e = \frac{C_T \cdot Y}{150 \cdot \eta} [hp] \quad (40)$$

$$P_e = 2,55 [hp]$$

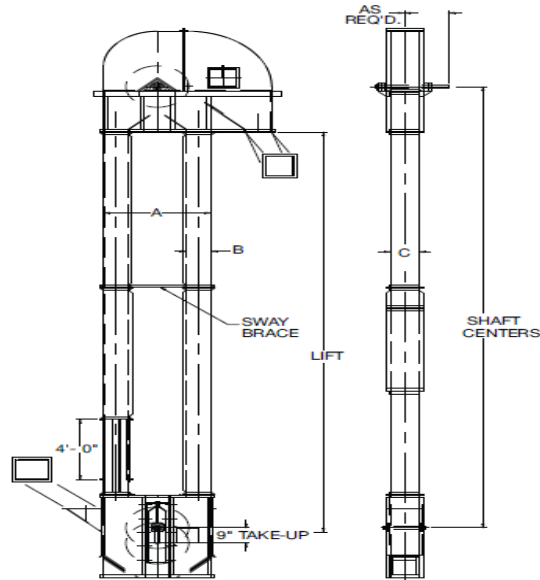
Con el anterior cálculo se corrobora que el valor de potencia comercial necesario para el motor que moverá el elevador de cangilones es de 5 [hp].

**6.1.5 Selección del elevador de cangilones.** A partir de los datos calculados se seleccionó un elevador de cangilones cuyas características sean adecuadas para los requerimientos del transporte de las 15 ton/h de trigo.

A partir del catálogo de Martin Sprocket se encontró que el elevador más apropiado para la aplicación es de la serie 500 la cual está diseñada

especialmente para aplicaciones de descarga centrífuga en el transporte de granos a altas velocidades.

Figura 100. Elevador de cangilones de la serie 500



Fuente: MARTIN. Bucket elevators [online]. Consultado: [04/04/2015]. Disponible En: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

Los valores tabulados para el transportador son para una densidad del grano de:  $\gamma = 0,75 \frac{ton}{m^3}$  que es un valor muy cercano al del trigo.

Tabla 9. Características del Elevador elegido

MODELO	FILA DE CANGILONES	CAPACIDAD	VELOCIDAD DE LA BANDA	VELOCIDAD ANGULAR DE LA POLEA	CANGILÓN RECOMENDADO		
					ANCHO CANGILÓN	PROYECCIÓN DEL CANGILÓN	PASO DEL CANGILÓN
512A	1	21 Ton/h	1,78 m/s	110 RPM	160 mm	142 mm	254 mm

Tabla 9. Características del Elevador elegido (continuación)

ANCHO DE LA BANDA	ANCHO DE LA POLEA	DIÁMETRO DE LAS POLEAS	DIÁMETRO DEL EJE DE LAS POLEAS	DIMENSIONES DE LA CABEZA Y EL PIE DEL ELEVADOR	
				PROFUNDIDAD "C"	ANCHO "A"
205 mm	225 mm	305 mm	45 mm	230 [mm]	690 [mm]

DIMENSIONES DE LAS SECCIONES INTERMEDIAS		ESPEORES DE LAS LÁMINAS		
PROFUNDIDAD "C"	ANCHO "B"	Cabeza	Pie	Sección Intermedia
230 [mm]	250 [mm]	Calibre 12	Calibre 12	Calibre 12

Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

En los anexos se presentan los planos donde se detallan las dimensiones más importantes del elevador seleccionado.

**6.1.7 Selección del motoreductor.** El motoreductor elegido para el suministro de potencia del elevador de cangilones es un motoreductor compuesto de un motor trifásico más un reductor de engranajes cónicos. Se escogió un motoreductor de la marca sew eurodrive debido a la buena calidad de estos motores además se escogió un sistema cuyo reductor es de engranajes cónicos en lugar de un tornillo sin fin debido a su mejor eficiencia y menor consumo energético a pesar de que tienen un costo un poco más elevado.

Figura 101. Motoreductor sew eurodrive



K..DT../DV..

Motor Power $P_n$ HP	Output Speed $n_n$ rpm	Service Factor	Torque $T_n$ lb-in	OHL $F_n$	Ratio $i$	Gear Stages <sup>1)</sup>		Gear	Model Motor
						PrL	Sec.		
5.0	110.0	1.7	2860	1410	15.22	3	-	K57	DT100L4
	100.0	1.1	3160	890	16.86	3	-	K47	DT100L4
	96.0	1.5	3300	1430	17.57	3	-	K57	DT100L4
	96.0	2.0	3290	2900	17.54	3	-	K67	DT100L4
	94.0	3.8	3350	4470	17.87	3	-	K77	DT100L4

Fuente: SEW EURODRIVE. 2002 Product Catalog [online]. Consultado: [07/04/2015]. Disponible En: [http://www.motorreductores.com/otros/2002\\_20Constant\\_20Speed\\_20Gearmotors.pdf](http://www.motorreductores.com/otros/2002_20Constant_20Speed_20Gearmotors.pdf)

La potencia del motor es de 5 [hp], la velocidad de salida angular es de 110 [rpm], el factor de servicio es de 1,7 y el torque es de 2860 [lb-in].

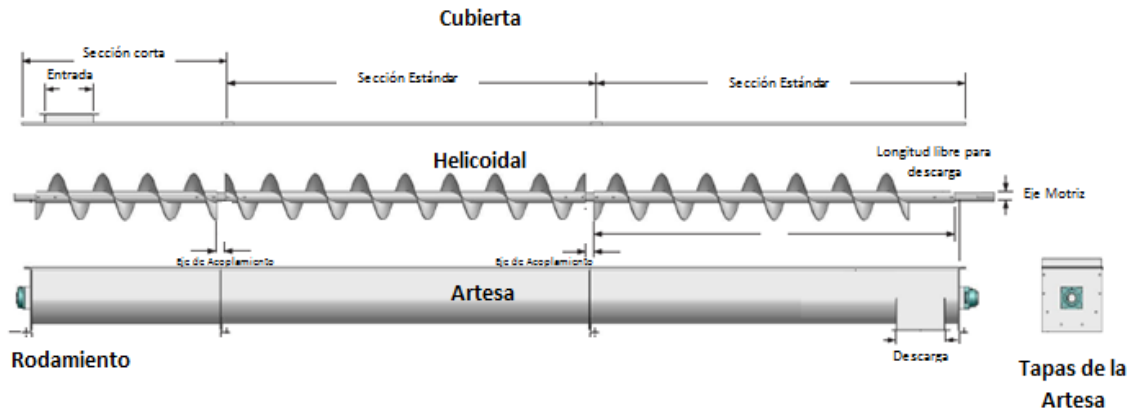
## 6.2 DISEÑO CONCEPTUAL DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL

El diseño de los transportadores helicoidales ha sido ampliamente estandarizado. El principal referente en cuanto a la estandarización de este tipo de transportador es la CEMA (CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASOCIATION), la cual ha establecido las dimensiones y características más adecuadas para su construcción. Los productores de transportadores helicoidales han adoptado estas recomendaciones permitiendo que haya la posibilidad de intercambiar piezas de diferentes fabricantes, lo cual ha convertido al transportador helicoidal en una opción económica y versátil para el desplazamiento de materiales a granel.

**6.2.1 Configuración básica.** En la siguiente imagen se muestra la configuración básica de un transportador helicoidal, se trata de un sistema compuesto de varias secciones que son unidas a través de acoplamientos y tornillos. El uso de diferentes secciones se da por la necesidad de evitar una deflexión excesiva que cause que el helicoidal entre en contacto con la artesa en la que gira, razón por la cual son utilizadas secciones de longitud estándar que son soportadas por cojinetes de suspensión intermedios con el propósito de satisfacer las distancias requeridas de transporte evitando este tipo de problemas.

En un extremo del helicoidal es adicionado un eje conductor y en el otro un eje conducido con sus respectivos sellos y rodamientos. El helicoidal gira en una artesa en la que están localizadas tanto la alimentación como la descarga en las posiciones requeridas.

Figura 102. Configuración básica de un transportador helicoidal



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

**6.2.2 Consideraciones especiales de diseño según la influencia de las características del material a transportar.** Cuando se diseña un transportador helicoidal se deben tener consideraciones especiales teniendo en cuenta las características del material a transportar. A continuación se detallan algunas recomendaciones a tener en cuenta:

-Materiales Abrasivos: Es el tipo de material más adverso al que puede ser sometido un transportador de tornillo, pudiendo causar un gran desgaste en sus componentes. El transporte debe ser llevado a cabo a bajas velocidades y con cargas moderadas. La tasa de desgaste en el helicoidal es proporcional a la velocidad periférica del contorno de la hélice por tanto una reducción de la velocidad resulta en una reducción del desgaste. De igual manera si se reduce la carga del transportador (a lo largo de la sección transversal) se puede conseguir disminuir la presión del material sobre la hélice y por ende lograr una disminución del desgaste. Si el material es muy abrasivo es necesario usar artesas, hélices y cubiertas de mayor espesor o componentes de aleaciones especiales.

-Materiales Corrosivos: Este tipo de materiales pueden ser manejados fácilmente usando componentes de materiales adecuados como aceros inoxidable, aluminio, níquel y otras aleaciones especiales. Si no se tienen problemas de abrasividad se pueden utilizar componentes de acero al carbono galvanizados en caliente o revestidos con un polímero especial.

-Materiales Contaminantes: Este tipo de materiales, tales como químicos y aditivos para alimentos, requieren que los rodamientos estén debidamente sellados y en lo posible apartados de los extremos para evitar contaminación, además se recomienda que los rodamientos de los soportes intermedios sean de materiales como madera, nylon u otros que no requieran lubricantes, lo cual permite una limpieza más fácil. Las artesas deben ser de fácil desmontaje para realizar las rutinas de limpieza que sean necesarias. Además los acabados internos en especial los de soldadura deben ser pulidos para prevenir la acumulación de material al interior del transportador.

-Materiales a altas temperaturas: Los transportadores que llevan en su interior material a temperaturas elevadas deben ser elaborados a partir de aleaciones de metales que soporten este tipo de condiciones. Si los materiales son altamente corrosivos y además son llevados a altas temperaturas, requieren aún mayor cuidado para garantizar la suficiente vida útil de los componentes. En algunos casos puede ser utilizado algún medio de refrigeración o calentamiento para garantizar una temperatura adecuada de transporte.

Se debe tener en cuenta que los transportadores que trabajan con materiales calientes experimentan expansiones térmicas con el consecuente aumento de su longitud.

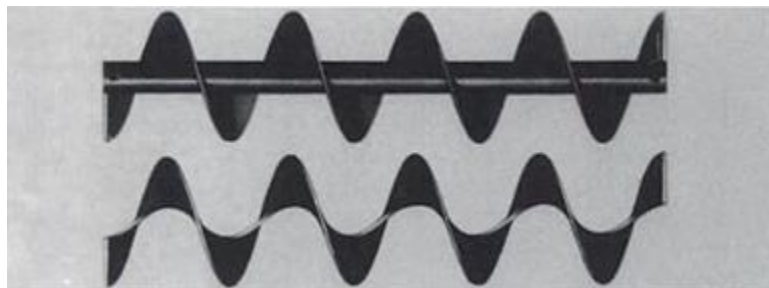
## 6.2.3 Componentes de un transportador helicoidal

**6.2.3.1 Hélice.** Las hélices de los transportadores son hechas en una longitud estándar de 9 ft con 10 in (aproximadamente 3 m) para helicoidales de 6-10 in de diámetro y para diámetros mayores se usan hasta longitudes de 11 ft con 9 in ( 3.58 m) .

**-Tipos de hélice según su construcción.** El helicoidal puede ser hecho de alguna de las siguientes maneras:

Helicoidal de construcción continua: Un helicoidal continuo es elaborado a partir de una sección de material que es laminada por un rodillo especial que va dándole la forma, se trata de una operación continua que evita la necesidad de usar soldadura u otros métodos de unión. La operación de laminado reduce el espesor de uno de los contornos de la hélice. Este es el método menos costoso para hacer hélices de metal, especialmente en pequeños tamaños, sin embargo la disminución del espesor de la hélice en su contorno exterior hacen que este tipo de construcción sea menos resistente al desgaste.

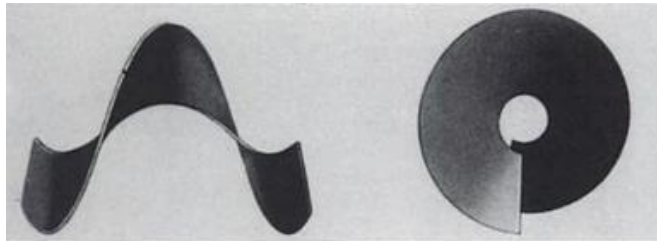
Figura 103. Hélices de construcción continua



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Hélices seccionadas: Este tipo de hélices son formadas de una lámina de metal cortada en discos individuales con agujeros en su centro. Los discos son cortados hacia el centro y posteriormente cada paso de la hélice es prensado en frío. Las secciones individuales son ensambladas al tubo y soldadas a este de extremo a extremo formando el helicoidal. Este método produce hélices de espesor uniforme lo cual hace que sean más resistentes al desgaste aunque su costo es mayor al de las hélices de construcción continua.

Figura 104. Hélice seccionada



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

**-Generalidades:** Las hélices son unidas a un tubo central de diámetro adecuado. El diámetro y el espesor de la pared del tubo son escogidos para satisfacer el requerimiento torsional producido por el movimiento del helicoidal durante el transporte de una carga dada. Un diámetro adecuado de un tubo Schedule 40 usualmente reúne los requerimientos torsionales necesarios, teniendo en cuenta que se debe garantizar cierta rigidez en las secciones estándar con el fin controlar la deflexión entre soportes. En casos de mayores requerimientos se pueden usar tubos Schedule 80 o en casos extremos ejes sólidos de acero.

En ambos extremos del tubo son colocados bujes para adaptar la unión de los ejes. Estos bujes refuerzan el tubo central absorbiendo algo de la carga torsional.

Las hélices de los tornillos pueden ser hechas de dos maneras diferentes: de orientación derecha o de orientación izquierda. Las hélices de orientación izquierda tienen el helicoidal enrollado al eje en la dirección contraria a la de las manecillas del reloj, mientras que las hélices de orientación derecha la tienen en el sentido horario. Esta orientación puede ser vista desde el final del tornillo helicoidal. El uso de orientaciones diferentes es útil para establecer diferentes direcciones de flujo en un mismo sistema.

Figura 105. Orientación de las hélices



Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

**-Tipos de hélice:** Varios tipos de hélices están disponibles dependiendo del uso específico requerido.

a- La hélice de paso estándar es usada para transporte de material en dirección horizontal o para pequeñas inclinaciones. Es el tipo más usado y es

utilizado para una gran variedad de productos. Se caracteriza porque el valor del paso es igual al valor de su diámetro.

Figura 106. Hélice de paso estándar



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

b- La hélice de paso corto es usada para el transporte de materiales en dirección inclinada con pendientes de  $20^\circ$  o mayores. Son llamadas de paso corto porque este inferior al diámetro del tornillo. El paso corto reduce el flujo de los materiales que tienden a fluidizarse.

Figura 107. Hélice de paso corto



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

c- La hélice de paso estándar con paletas de mezclado tiene una o más paletas por paso (las paletas pueden moverse a lo largo del eje). Estas se oponen a la dirección del flujo proporcionando un retardo en el movimiento del material.

Sus ángulos son ajustables permitiendo que la cantidad de agitación pueda ser controlada.

Figura 108. Hélice de paso estándar con paletas de mezclado



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

d- La hélice doble incorpora dos hélices individuales de una misma orientación enrolladas alrededor de un mismo eje. Ellas son frecuentemente usadas en alimentadores para dar una descarga suave y uniforme.

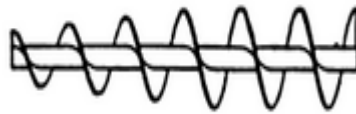
Figura 109. Hélice doble



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

e- La hélice cónica es usada en alimentadores helicoidales para permitir el manejo uniforme de materiales con partículas de gran tamaño.

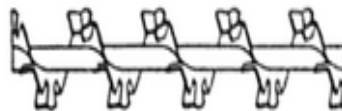
Figura 110. Hélice cónica



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

f- La hélice con corte y doblez tiene segmentos doblados en el helicoidal que levantan y derraman el material. El flujo es retardado parcialmente lo cual facilita un mejor mezclado.

Figura 111. Hélice con corte y doblez



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

g- La hélice de paso largo es usada para el transporte rápido de materiales que fluyen fácilmente.

Figura 112. Hélice de paso largo



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

h- La hélice de paso variable tiene un paso que se incrementa. Son utilizadas en alimentadores helicoidales para manejar materiales finos que fluyen libremente a lo largo de la abertura de alimentación.

Figura 113. Hélice de paso variable



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

i- La hélice tipo listón consiste en una espiral continua la cual no está unida directamente sobre el eje. Son muy utilizadas para transportar materiales pegajosos. El espacio que existe entre el helicoidal y el eje evita que el material se acumule e incruste.

Figura 114. Hélice tipo listón



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

j- La hélice tipo listón con paletas es usada para transportar materiales pegajosos con una cantidad moderada de agitación.

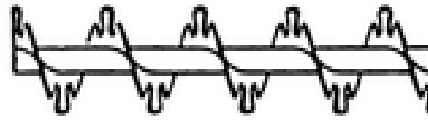
Figura 115. Hélice tipo listón con paletas



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

k- La hélice con cortes forma un helicoidal con cortes a intervalos regulares en el extremo exterior. Este tipo de hélice favorece el efecto de mezclado y agitación del material en tránsito. Es ideal para mover materiales que tienden a compactarse.

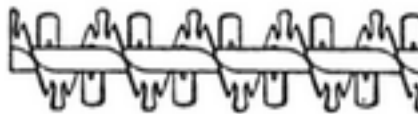
Figura 116. Hélice con cortes



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

I- La hélice con cortes y paletas favorece aún más el efecto de mezclado con algo de retraso del flujo.

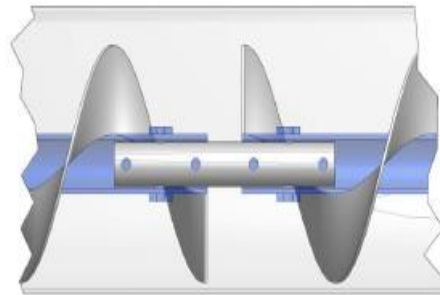
Figura 117. Hélice con cortes y paletas



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

**6.2.3.2 Ejes de acoplamiento, Eje motriz y Eje terminal.** Los ejes de acoplamiento son usados para unir las secciones estándar del helicoidal y para permitir la rotación dentro del buje del soporte colgante. Son taladrados para ser unidos a los agujeros de los extremos del tubo de cada sección. Es dejado un espacio intermedio entre las dos secciones estándar del helicoidal con el fin de permitir la instalación del soporte intermedio.

Figura 118. Eje de acoplamiento

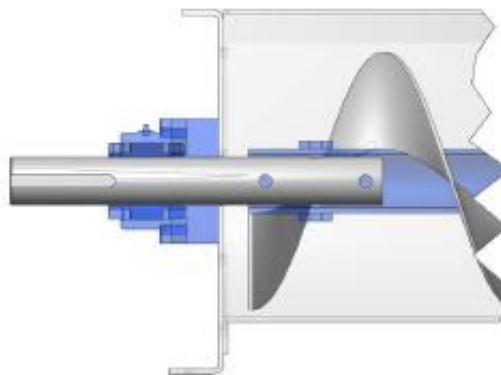


Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

El eje conductor es usado para transmitir el torque desde la unidad motriz hacia el transportador helicoidal y además soporta parte del peso del transportador.

Es encajado en el interior del tubo central del transportador y unido a este mediante tornillos. El eje lleva un chavetero en su extremo motriz y además también cuenta con una sección lisa en la cual es montado el rodamiento.

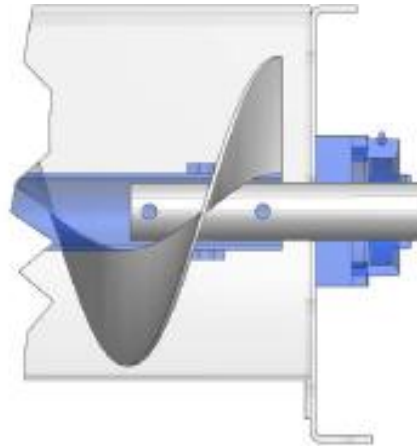
Figura 119. Eje conductor



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

El eje terminal es usado para soportar el helicoidal en el extremo opuesto de donde este es movido. Este debe ser soportado por la tapa lateral de la artesa y por un rodamiento. Es taladrado para ser unido a la última sección del helicoidal.

Figura 120. Eje terminal



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Los tres tipos de ejes que se mencionaron anteriormente son unidos al tubo central con tornillos especiales para soportar los esfuerzos necesarios. Los tornillos, ejes y bujes tienen valores específicos de esfuerzo. Normalmente son usados dos tornillos pero pueden ser usados 3 en los casos de que haya requerimientos torsionales altos.

**6.2.3.3 Rodamientos.** La primera función del rodamiento es soportar el eje en rotación pero además también ayuda a mantener el alineamiento y limita el movimiento axial del eje. Un transportador típico debe tener 2 o más rodamientos, dependiendo de la longitud del el transportador y de la aplicación.

Los tipos principales de rodamientos utilizados se presentan a continuación:

### **-Rodamientos de bolas montados en tapa o con pedestal**

Figura 121. Rodamientos de bolas



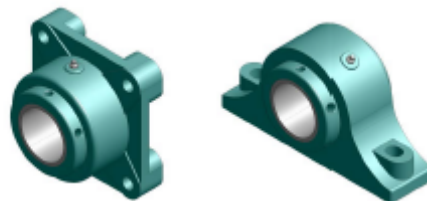
Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Está principalmente diseñado para cargas radiales, puede soportar una pequeña carga de empuje y permite expansiones axiales, por esto es normalmente utilizado en el extremo opuesto a donde se coloca la transmisión.

Se usa el rodamiento en pedestal para aislarlo de contaminación o altas temperaturas propagadas desde el material que se está transportando.

### **-Rodamientos de rodillos montados en tapa o con pedestal**

Figura 122. Rodamientos de rodillos



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

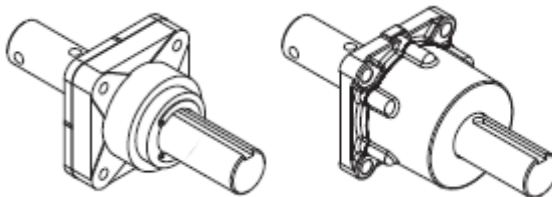
Están diseñados para soportar tanto carga de empuje como carga radial, no permite la expansión del eje y es típicamente localizado en el extremo del eje motriz del transportador helicoidal.

### **-Rodamientos de empuje montados en tapa**

El empuje es la fuerza de reacción creada cuando el helicoidal en rotación se desplaza contra una carga de material. La tendencia del helicoidal será de moverse en dirección opuesta al flujo de material. Si este empuje no es contenido, los soportes intermedios, las tapas de la artesa y el helicoidal pueden sufrir daños. Los rodamientos de empuje deben ser montados en el extremo de descarga del transportador para que trabajen a tensión en lugar de compresión. Si el helicoidal trabaja bajo constante compresión puede sufrir pandeo. Estos rodamientos no son usados en ambos extremos del transportador con el fin de permitir que este expanda y contraiga con los cambios de temperatura.

Algunas veces, los arreglos motrices no dejan espacio para los rodamientos de empuje en el extremo indicado y por tanto estos deben ser operados bajo compresión. Esto es permitido siempre y cuando sea consultado con el proveedor para tomar las medidas pertinentes. La mayoría de los rodamientos de empuje económicos únicamente pueden ser usados bajo tensión.

Figura 123. Rodamiento de empuje

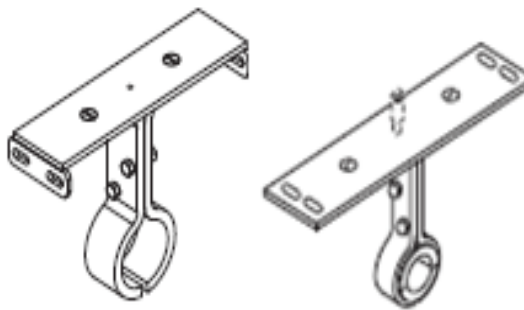


Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

- **Bujes de los soportes intermedios.** Los bujes de los soportes son usados para sostener el helicoidal en los puntos intermedios. Una aplicación típica debe tener un rodamiento de este tipo dentro del eje de acoplamiento de dos secciones del helicoidal. Los colgantes consisten en una placa de montaje con un soporte unido perpendicularmente a esta. Las placas de montaje pueden ser instaladas interiormente (dentro de la artesa) o exteriormente. Se recomienda la instalación interior cuando la cubierta debe estar herméticamente cerrada.

Existen una gran variedad de estilos de soportes que pueden ser utilizados. En la siguiente figura se muestra el estilo de soporte número 220, el cual es empleado en montajes externos. El estilo número 226 es de montaje interno pero tiene la misma forma que el anterior. Estos dos tipos son los estilos más usados para las aplicaciones de transportadores helicoidales, tienen la ventaja de causar una menor obstrucción al flujo del producto.

Figura 124. Soportes colgantes estilo 220 y 226



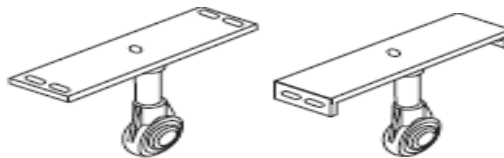
Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

Los soportes intermedios pueden ocasionar problemas en los transportadores, en helicoidales con una carga de sección transversal bastante elevada estos pueden

obstruir el flujo y además se pueden convertir en áreas de acumulación de material.

Los estilos 260 (de montaje externo) y 270 (de montaje interno) son equipados con un rodamiento de bolas autoalineable recomendados para servicio pesado. El uso de este tipo de rodamiento produce un menor consumo de potencia y proporciona una operación silenciosa. Son ideales para aplicaciones donde se tienen grandes longitudes o donde el transportador trabaja a altas velocidades.

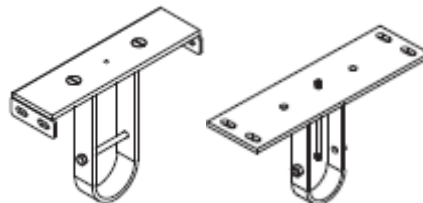
Figura 125. Soportes colgantes estilo 260 y 270



Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

Otro par de estilos bastante conocidos son el 230 (montaje externo) y el 216 (montaje interno). Estos soportes son diseñados para trabajos pesados con materiales abrasivos. Su principal desventaja es que proveen una gran obstrucción para el paso del material.

Figura 126. Soportes colgantes estilo 230 y 216

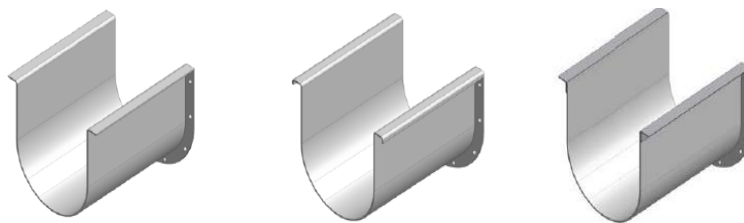


Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

**-Espaciamiento entre los rodamientos.** Un transportador helicoidal típico tiene un rodamiento sobre cada una de las tapas extremas de la artesa. Los soportes intermedios son situados sobre los ejes de acoplamiento para dar soporte a las secciones intermedias de los helicoidales. En ambientes en los que haya polvo o corrosión los soportes intermedios pueden causar un aumento del desgaste ocasionando fallas prematuras. Si se disminuyen el número de soportes intermedios se disminuyen el número de partes móviles que pueden fallar, sin embargo para esto sería necesario utilizar secciones de mayor longitud a la estándar lo cual podría ocasionar problemas de deflexión.

**6.2.3.4 Artesa.** Las artesas son hechas en una variedad de formas y estilos, siendo la artesa en U el estilo más común. El estilo en U consiste en un segmento de lámina de metal doblada formando media circunferencia en la parte inferior y con extremidades altas en el otro lado. Los extremos pueden ser simples, tener doble pestaña para dar mayor resistencia y rigidez o estar soldadas a ángulos estructurales para dar una mayor resistencia. Una artesa en U estándar tiene media pulgada de claro con el helicoidal.

Figura 127. Tipos de artesa en U

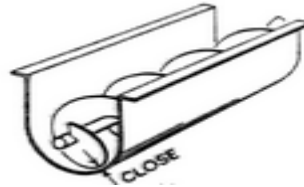


Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

**-Claro entre la artesa y el helicoidal.** Las artesas de claro ajustado se caracterizan porque el espacio entre el helicoidal y el interior del canal es bastante pequeño. Este tipo de artesas es usado cuando se transporta en tramos

inclinados para minimizar la caída de material. La artesa de claro ajustado deja menor cantidad de material en el canal facilitando las tareas de limpieza del equipo.

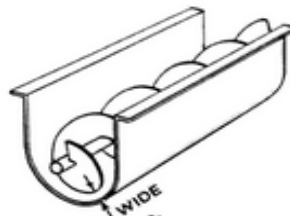
Figura 128. Artesa de claro ajustado



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Las artesas de claro ancho se caracterizan porque el claro entre el helicoidal y el interior del canal es mayor que el estándar de 0.5 in. Este tipo de construcción es empleada para formar una capa inactiva de material en el fondo de la artesa que tiene como propósito reducir el desgaste ocasionado por materiales calientes o abrasivos.

Figura 129. Artesa de claro ancho



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

**-Acción de Fondo.** Cuando un transportador helicoidal gira, desplaza y esparce el material que está en la artesa, pero esta acción no incluye a la capa de material que reposa en el claro entre el helicoidal y la artesa. El destino de esta capa depende del tamaño del claro y de las características específicas del material transportado. Existen dos posibilidades para esta capa de material:

-Flujo en masa: Si el material no se resiste lo suficiente a ser arrastrado, la capa será propulsada hacia adelante por la masa de material que está siendo transportada encima. Dependiendo de condiciones específicas, la capa se moverá continuamente o intermitentemente.

El flujo en masa es útil cuando fluyen materiales altamente degradables o cuando se utilizan transportadores inclinados. Si la capa inferior fluye o no fluye en masa dependerá de la fluidez del material, la profundidad de la carga en la artesa y el espacio de claro.

Este tipo de arrastre no es recomendado con materiales que son abrasivos ya que puede inducir a que la capa inferior se deslice sobre la artesa y la desgaste rápidamente.

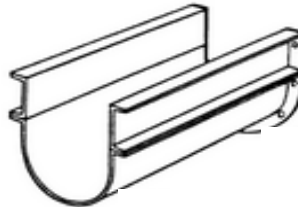
-Capa inactiva: Si el material se resiste a ser arrastrado y la capa inferior es de suficiente profundidad, una capa inactiva de material se alineará en el transportador. Si el material transportado es abrasivo la capa inactiva puede actuar como una capa de protección reduciendo el desgaste de la parte inferior de la artesa.

**-Tipos de artesas.** A continuación se muestran otros tipos de artesas utilizadas:

a) Artesa con refuerzo estructural: Se caracterizan porque son construidas con un canal o refuerzo estructural que es adaptado en la parte superior de la artesa para suministrar una resistencia extra cuando las distancias de las secciones son

superiores a la estándar. La ventaja de este tipo de construcción es que la parte inferior de la artesa puede ser reemplazada fácilmente cuando se desgasta.

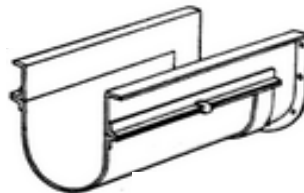
Figura 130. Artesa con refuerzo estructural



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

b) Artesa de fondo removible: Se utiliza cuando la limpieza del transportador es crítica, se suele suministrar con bisagras en uno de sus lados y pernos o sujetadores en el otro.

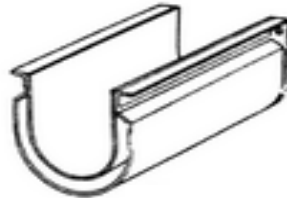
Figura 131. Artesa de fondo removible



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

c) Artesa enchaquetada: Este tipo de artesa tiene una segunda coraza la cual es soldada continuamente al exterior de la artesa estándar. La chaqueta permite el enfriamiento o calentamiento del material que está siendo transportado.

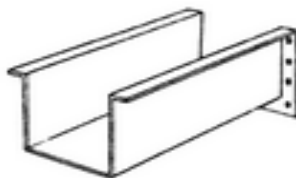
Figura 132. Artesa enchaquetada



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

d) Artesas rectangulares: tiene un fondo plano en lugar de uno circular, tienen ventajas a la hora de transportar materiales abrasivos ya que crean una capa inactiva de material en el fondo.

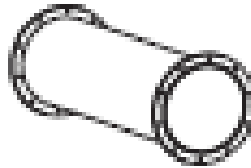
Figura 133. Artesa rectangular



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

e) Artesa tubular sólida: Son utilizadas para minimizar el deslizamiento del material en aplicaciones inclinadas.

Figura 134. Artesa tubular



Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

**6.2.3.5 Tapas de la artesita.** Soportan los extremos del helicoidal y la artesita. Son construidas a partir de una lámina de acero y poseen unos agujeros que permiten unir las a las bridas de las artesitas.

Tapa de artesita con pie:

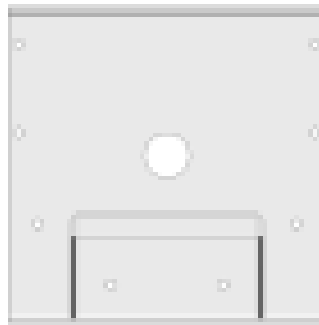
Figura 135. Tapas de artesita con pie

	ARTESA "U"	ARTESA TUBULAR	ARTESA ENSANCHADA	ARTESA RECTANGULAR
TAPAS DE ARTESA EXTERIOR CON PIE				

Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

Es el tipo de tapa más utilizado ya que incluye el pie de la artesa. El diseño integral con el pie exterior elimina la necesidad de añadir un pie de soporte en los extremos del transportador además proveen una estructura adicional para soportar la transmisión y el motor. Pueden ser adaptados para incluir el pedestal para el montaje de los rodamientos, tal como se puede ver en la siguiente figura:

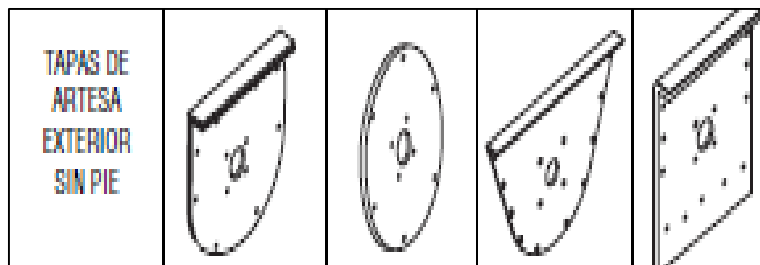
Figura 136. Tapa con pedestal



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Tapa de artesa sin pie:

Figura 137. Tapas de artesa sin pie



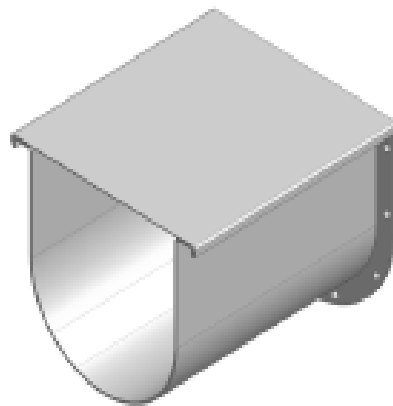
Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

El soporte de la artesa no está incluido en el diseño de la tapa. Este tipo de tapas se utilizan para instalar rodamientos y dar soporte a las cubiertas cuando no se necesita ningún soporte para la artesa.

**6.2.3.6 Cubiertas para la artesa.** Las cubiertas son utilizadas para suministrar protección al personal y para mantener el helicoidal aislado del ambiente exterior. Pueden ser sujetadas al a la artesa mediante abrazaderas o tornillos.

Cubierta formada: Es la más comúnmente utilizada, brinda mayor rigidez que la cubierta plana y permite un sellado mejor, evitando la salida de polvo y la entrada de contaminación al interior del transportador.

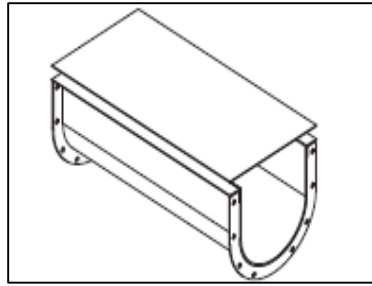
Figura 138. Cubierta formada



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Cubierta plana: Se utiliza normalmente solo para cubrir al transportador por seguridad. Soporta menor peso que otros tipos y no permite un buen sellado.

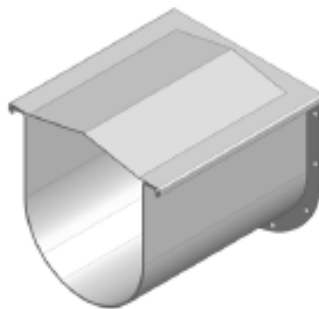
Figura 139. Cubierta plana



Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

Cubierta triangular: Son similares a las cubiertas formadas convencionales, con la diferencia de que la arista forma un pico al centro de la cubierta. Estas cubiertas se recomiendan en aplicaciones a la intemperie para evitar que se acumule humedad o suciedad. También son usadas cuando se requiere una cubierta más rígida.

Figura 140. Cubierta triangular

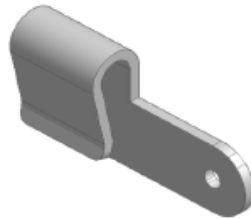


Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

**6.2.3.7 Sujetadores para asegurar la cubierta.** Los sujetadores (conocidos en inglés como “clamps”) son usados para asegurar la cubierta a la artesa. Existen varios tipos entre los cuales se destacan los siguientes:

Sujetador giratorio: Es usado para sujetar cubiertas planas y semiformadas a la artesa. Estos sujetadores normalmente van remachados al ángulo superior de la artesa girando para poder quitar la cubierta.

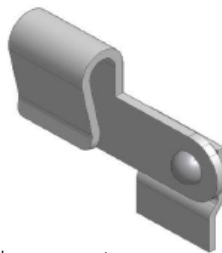
Figura 141. Sujetador giratorio



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Sujetador giratorio con soporte: Estos sujetadores están diseñados para soldarse en el lado superior de las cubiertas planas o semiformadas.

Figura 142. Sujetador giratorio con soporte



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Sujetador de tornillo: Este tipo de sujetadores son un medio sencillo y efectivo para sujetar cubiertas planas o formadas a la artesa.

Figura 143. Sujetador de tornillo



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Sujetador de Lengüeta: Este tipo de sujetadores son de acción rápida por lo cual se usan en aplicaciones donde la cubierta deba removerse para tener un acceso rápido al transportador.

Figura 144. Sujetador de lengüeta

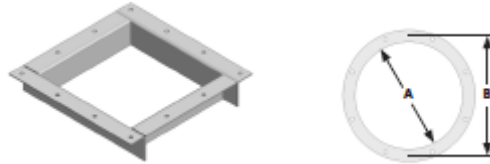


Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

**6.2.3.8 Entradas y salidas estándar.** Las entradas para permitir la entrada del material al transportador y las salidas para dar paso a su descarga pueden ser

hechas tanto cuadradas como redondas y su tamaño puede ser determinado a partir de recomendaciones dadas a partir del diámetro del helicoidal.

Figura 145. Entradas y salidas estándar



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

## 6.2.4 Diseño del transportador

### 6.2.4.1 Determinación de las características del material a ser transportado.

El material que será transportado es trigo pero teniendo en cuenta que la clase de trigo que es procesado depende del tipo de harina que se quiere producir sus características pueden variar. Para el proceso de diseño se tomará el valor dado en la clasificación de materiales recomendado por la CEMA:

Tabla 10. Características del material

Material	Densidad (lb/ft <sup>3</sup> )	Código del Material	Carga de artesa Recomendada	Factor de Material
Trigo	45-48	C 1/2 25-N	45	0,4

Fuente: MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. p.176. [Citado 08 de Junio del 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>

El código del material describe lo siguiente:

C ½ es el código perteneciente a la descripción del tamaño. En este caso indica que se trata de una material granular cuya clasificación granulométrica corresponde a malla inferior a ½ in.

El número 2 indica la clasificación de fluidez. En este caso es un material que fluye libremente.

El número 5 indica la clasificación de Abrasividad. En este caso es de Abrasividad media.

La letra N indica la existencia de propiedades peligrosas, que en este caso registra que el material tiene peligro de explosividad.

El valor de carga de la artesa es un valor recomendado para evitar amontonamiento de material, en el caso del trigo es de 45%.

El factor de material es un factor empírico utilizado para el cálculo de potencia requerido por el transportador, en el caso del trigo es de 0,4.

**6.2.4.2 Capacidad del transportador.** El transportador debe ser diseñado para manejar la máxima carga a la que va a ser expuesto. La máxima capacidad debe ser expresada en CFH (pies cúbicos por hora). En este caso se va a diseñar para transportar 15 Ton/h de granos de trigo, lo cual asegura un factor de seguridad de 1.25 respecto a la carga real de 12 Ton/h.

Entonces tenemos que: 1 tonelada = 2 204,62262 libras, Por tanto 15 Ton/h son equivalentes a 33070 lb/h aproximadamente.

Ahora teniendo en cuenta la densidad del trigo podemos obtener la capacidad del transportador en pies cúbicos por hora, mediante la siguiente ecuación:

$$CFH = \frac{C_i}{\gamma_t} \quad (41)$$

Donde:

$CFH$  : Capacidad en  $\frac{ft^3}{h}$

$C_i$ : Carga de trigo en  $\frac{lb}{h}$

$\gamma_t$ : Densidad del trigo en  $\frac{lb}{ft^3}$

El valor usado para el cálculo de la densidad del trigo debe ser el menor ( $45 \frac{lb}{ft^3}$ ) ya que esta condición es la más crítica por dar un mayor valor de capacidad para el transportador. Al escoger el valor más bajo también se garantiza que el transportador pueda trabajar sin ningún problema en caso de que una variación de volumen pueda ocurrir durante el desplazamiento.

$$CFH = 735 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

**6.2.4.3 Capacidad Equivalente.** El uso de hélices especiales hace que el transportador sea menos eficiente y esto debe ser teniendo en cuenta en el diseño. Para compensar el valor de la capacidad se debe multiplicar el valor anteriormente obtenido por los siguientes factores:

$$CFH_e = CFH \cdot CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3 \quad (42)$$

El primer factor  $CF_1$  compensa el valor de capacidad teniendo en cuenta el paso del helicoidal:

Tabla 11. Factor  $CF_1$

Paso	Descripción	Coefficiente $CF_1$
Estándar	Paso= Diámetro	1
Corto	Paso= 2/3 Diámetro	1.5
Medio	Paso= 1/2 Diámetro	2
Largo	Paso=1 1/2 Diámetro	0.67

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

El Segundo factor  $CF_2$  compensa el valor de la capacidad teniendo en cuenta el tipo de hélice utilizada:

Tabla 12. Factor  $CF_2$

Tipo de hélice	Coefficiente $CF_2$		
	Carga del transportador		
	15%	30%	45%
Estándar	1	1	1
Cortada	1.95	1.57	1.43
Cortada y doblada	No recomendada	3.75	2.54
Listón	1.04	1.37	1.62

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

El tercer factor  $CF_3$  compensa el valor de la capacidad teniendo en cuenta el número de paletas que son agregadas al helicoidal.

Tabla 13. Factor CF3

Número de paletas por paso					
Coefficiente	Ninguna	1	2	3	4
CF3	1	1.08	1.16	1.24	1.32

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Los transportadores helicoidales que van a ser diseñados y construidos serán hechos con las características estándar, es decir con su paso igual al diámetro, con una hélice estándar y sin paletas. Se optó por escoger estas características para asegurar una velocidad adecuada de transporte sin tener efectos de mezclado, agitación o retardo del material y porque son idóneas para el transporte horizontal.

En este caso se tiene que todos los factores de compensación son iguales a 1 por lo tanto el valor de la capacidad del transportador helicoidal no se ve afectado.

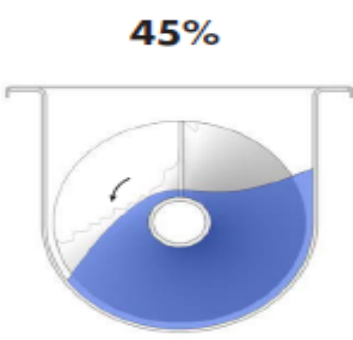
**6.2.4.4 Determinación del tamaño del helicoidal.** Existe una tabla para la escogencia del tamaño de la helicoidal basada en la carga de la artesa sugerida en la clasificación del material. La carga de la sección transversal de la artesa puede ser del 15, 30 ó 45 %.

En esta tabla se da la capacidad del transportador a la máxima velocidad angular recomendada para cada tamaño del helicoidal. Aunque para la realización de esta tabla no fueron tenidos en cuenta factores como el espesor de la hélice, la tolerancia del diámetro del helicoidal, la condición del material en el claro, ni otras

características importantes, esta tabla es una buena guía y es bastante efectiva en la mayoría de las aplicaciones.

A continuación se muestra la tabla para una carga de artesa de 45 % que es la recomendada por la CEMA:

Tabla 14. Determinación del tamaño del helicoidal

Carga de la artesa	Diámetro del helicoidal [in]	Capacidad ( ft <sup>3</sup> /h)		MÁXIMA RPM
		A 1 RPM	A Máxima RPM	
 <p>45%</p>	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.2	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.4	2820	145
	14	31.2	4370	140
	16	46.7	6060	130
	18	67.6	8120	120
	20	93.7	10300	110
	24	164	16400	100
	30	323	29070	90

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

El valor de la capacidad hallado en pasos anteriores fue:

$$CFH = 735 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

Por lo tanto a partir de los rangos de capacidades para cada tamaño de la tabla 14 se puede optar por utilizar transportadores de diámetro de 9 in en adelante. Según las especificaciones del Jefe de Producción de Molinos San Miguel suele usarse una velocidad angular de transporte correspondiente a 90 rpm entonces este sería el siguiente parámetro a buscar a partir de las opciones que se tienen.

Teniendo en cuenta que la velocidad a la que debe trabajar el transportador puede ser determinada a partir de la información de la tabla anteriormente mostrada, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$N = \frac{CFH_{requerida}}{CFH_{min}} \quad (43)$$

Despejando la capacidad mínima que debe tener el transportador a 1 rpm se tiene la siguiente ecuación:

$$CFH_{min} = \frac{CFH_{requerida}}{N} \quad (44)$$

Aplicando los valores conocidos de CFH requerido y la velocidad angular de trabajo (90 RPM), se determina que la capacidad mínima es:

$$CFH_{min} = 8,165 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

Por lo cual los transportadores de 9 y 10 in serían los más idóneos para el transporte del trigo de la sección de limpieza y acondicionamiento.

Otra forma de rectificar el tamaño del helicoidal es la siguiente:

Sabemos que el área de relleno de la artesa puede ser determinada a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \lambda \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (45)$$

Donde:

$\lambda$  = Coeficiente de relleno de la artesa (Es inferior a 1 para evitar amontonamiento)

$D$  = Diámetro del helicoidal

Y también conocemos que la velocidad axial (aproximada) del grano a través de la artesa se puede calcular como:

$$v = t \cdot N \cdot 60 \quad (46)$$

Donde:

$t$  = paso del helicoidal

$N$  = velocidad angular en [RPM]

La constante del numerador (60) es el factor de conversión de minutos a horas de la velocidad angular.

A partir de la definición del caudal (donde el caudal en este caso ha sido denominado como capacidad del transportador), tenemos que:

$$Q = v \cdot A \quad (47)$$

Donde:

$v$  = Velocidad del transportador

$A$  = Área del transportador

Ahora considerando que:

$$Q = CFH \quad (48)$$

$$CFH = v \cdot A \quad (49)$$

Y finalmente:

$$CFH = 0,45 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot t \cdot N \cdot 60 \quad (50)$$

En este caso se puede simplificar la ecuación teniendo en cuenta que se trata de un transportador estándar donde el paso es igual al diámetro  $t=D$  y además el coeficiente de relleno de la artesa recomendado según la clasificación del material es de 45%:

$$CFH = 0,45 \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{4} \cdot N \cdot 60 \quad (51)$$

A partir de esta ecuación se puede estimar un diámetro aproximado para el helicoidal. Despejando el diámetro se tiene:

$$D = \left[ \frac{CFH \cdot 4}{0,45 \cdot \pi \cdot N \cdot 60} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (52)$$

Entonces reemplazando el valor de la capacidad y de la velocidad angular sugerida por el jefe de producción de molinos San Miguel:

$$CFH = 735 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

$$N = 90 [RPM]$$

El diámetro es igual a:

$$D_{ft} = 0,73 [ft]$$

$$D = 8,8 [in]$$

Según este método de cálculo el diámetro del helicoidal a utilizar debería ser el de 9 [in] pero teniendo en cuenta que en este caso tampoco se consideran factores

como el espesor de la hélice, la tolerancia del diámetro del helicoidal, la condición del material en el claro, ni otras características importantes y tomando las recomendaciones del jefe de producción de Molinos San Miguel se opta por tomar el diámetro del transportador igual a 10 [in] con el fin de evitar cualquier tipo de inconvenientes durante el transporte.

**6.2.4.5 Cálculo de la potencia requerida para el transportador.** Para determinar la potencia requerida para el transporte de un sólido, deben ser seleccionados una serie de factores que dependen del material y de los componentes del transportador.

Los factores que deben ser seleccionados son:

-El factor de material  $F_m$  el cual es determinado empíricamente gracias a la experiencia de los diseñadores y miembros de la CEMA. Según la clasificación del material  $F_m = 0,4$ .

-El factor del buje colgante  $F_b$  también es un factor empírico. Es relativo a la fricción en el soporte colgante.

Tabla 15. Factor  $F_b$

Tipo de buje	Factor $F_b$
Rodamiento de bolas	1
Bronce	1.7
Nylon	2
Cerámica	4.4

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania,

USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Para el caso de esta aplicación se usarán bujes de bronce entonces  $F_b=1,7$ .

-El factor relativo al diámetro del helicoidal  $F_d$  es determinado teniendo en cuenta el peso promedio por longitud de las piezas rotativas más pesadas.

Tabla 16. Factor  $F_d$

Diámetro del Helicoidal	Factor $F_d$
4	12
6	18
9	31
10	37
12	55

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Para este caso  $D= 10$  in entonces  $F_d= 37$ .

-El factor de hélice  $F_f$  y el factor de paletas  $F_p$  tienen en cuenta las correcciones según las formas y componentes adicionales al helicoidal.

Tabla 17. Factor Ff

Tipo de Hélice	Carga de la sección transversal		
	15%	30%	45%
Estándar	1	1	1
Cortada	1.10	1.15	1.2
Cortada y doblada	No recomendado	1.5	1.7
Listón	1.05	1.14	1.2

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Tabla 18. Factor Fp

Factor Fp	Número de Paletas		
	Ninguna	1	2
	1	1.29	1.58

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Según las características ya establecidas la hélice es estándar entonces  $F_f=1$  y no se utilizarán paletas por lo cual  $F_p=1$ .

La potencia requerida para el transporte  $HP$  es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción  $HP_f$  y la potencia necesaria para transportar la carga de material requerido  $HP_m$ . El valor de potencia total requerido  $HP_t$  es el valor de potencia requerido  $HP$  corregido con un factor de sobrecarga para pequeñas unidades de potencia  $F_o$  y dividido entre un factor de eficiencia  $e$ .

$$HP = HPf + HPm \quad (53)$$

$$HPf = L \cdot N \cdot Fd \cdot \frac{Fb}{1000000} \quad (54)$$

$$HPm = \frac{CFH \cdot \gamma_t \cdot L \cdot Ff \cdot Fm \cdot Fp}{1000000} \quad (55)$$

$$HPt = \frac{HP \cdot Fo}{e} \quad (56)$$

Donde:

HP = Potencia requerida para el transporte [hp].

HPf = Potencia necesaria para vencer la fricción [hp].

HPm = Potencia necesaria para transportar la carga de material requerido [hp].

L = Longitud [ft].

N = Velocidad de operación [RPM].

Fd = Factor relativo al diámetro del helicoidal.

Fb = Factor del buje colgante.

CFH= Capacidad requerida en  $\left[\frac{ft^3}{h}\right]$ .

$\gamma_t$ = Densidad del material  $\left[\frac{lb}{ft^3}\right]$ .

Ff = Factor de hélice.

Fm = Factor de material.

Fp = Factor de paletas.

Fo = Factor de sobrecarga.

e = eficiencia de la transmisión.

La constante usada en el denominador de las ecuaciones para el cálculo de la potencia es usada para ajustar el valor de la potencia teniendo en cuenta los factores y las unidades utilizadas.

El factor de sobrecarga  $F_o$  es una corrección utilizada en transmisiones donde el valor de la potencia es menor a 5 hp. Este factor es necesario debido a que los transportadores helicoidales algunas veces requieren un mayor torque que los que suministran los pequeños motores.

El valor de eficiencia que se debe utilizar para determinar la potencia debe ser suministrado por los fabricantes de las transmisiones, aunque para cálculos preliminares una eficiencia alrededor del 90% da un valor confiable de potencia. Normalmente no se suele usar exactamente el valor de carga de artesa recomendado y se tiende a cargar un poco más el transportador. Esta condición debe ser tomada en cuenta para dejar un mayor margen en la potencia del motor. Todos los componentes del transportador deben ser dimensionados teniendo en cuenta la potencia que finalmente será suministrada por el motor y no la que se estima inicialmente en los cálculos.

A partir de las ecuaciones y los criterios anteriormente mencionados se puede finalmente calcular la potencia que se requiere para cada uno de los transportadores que serán implementados.

Hasta ahora la única diferencia entre los dos transportadores es la longitud requerida, siendo:

$L_1 = 9.2$  m para el transportador a la salida de los silos de acondicionamiento.

$L_2 = 8.8$  m para el transportador a la entrada de los silos de acondicionamiento.

Reemplazando los valores en las ecuaciones para cada uno de los transportadores se tiene que:

Tabla 19. Valores de potencia para cada transportador

	Transportador 1	Transportador 2
L	9,2 [m]	8,8 [m]
HPf	0,1709 [hp]	0,1634 [hp]
HPm	0,3993 [hp]	0,3819 [hp]
HP	0,5701 [hp]	0,5453 [hp]

Por lo tanto el factor se sobrecarga puede ser determinado a partir de la siguiente tabla:

Tabla 20. Factor de sobrecarga Fo

HP =HPf+HPm	Factor se sobrecarga Fo
<1	2
>=1<2	1.5
>=2<4	1.25

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

Siendo Fo=2 para ambos transportadores, entonces finalmente la potencia total requerida para cada transportador es de:

$$HPt = 1,27 [hp] \quad HPt_2 = 1,21 [hp]$$

Tomando un factor de seguridad de 2 entonces los valores de potencia requeridos serían aproximadamente de 2,4-2,6 hp. Entonces se deciden utilizar motores de 3 hp para cada uno de los transportadores.

**6.2.4.6 Torque transmitido a los componentes.** A partir de la determinación de la potencia transmitida, se puede calcular el torque al que los componentes quedan sometidos utilizando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{HP \cdot 63025}{N} \quad (57)$$

Donde:

T= Torque [lb-in]

HP=potencia transmitida en [hp]

N= Velocidad de operación [RPM]

Los transportadores helicoidales están limitados por la cantidad de torque que pueden transmitir de manera segura a través de sus componentes. Los pernos, ejes de acoplamiento y el tubo del eje principal, usados en el transportador tienen un límite de torsión que debe ser considerado a la hora de diseñar el transportador. Los componentes están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzos de corte y/o aplastamiento en los pernos.
- Esfuerzo de torsión en el eje principal (tubo).
- Esfuerzo de torsión en los ejes de acoplamiento y en las áreas reducidas por los agujeros de los pernos.

Reemplazando el valor de la potencia transmitida por el motor = 3 [hp] y la velocidad de operación esperada de 90 [rpm] se tiene que:

$$T = 2101 \text{ [lb - in]}$$

A partir de la siguiente tabla pueden ser determinadas las dimensiones adecuadas para ciertos componentes:

Tabla 21. Torque admisible de los componentes

Tubo del eje principal		Eje de acoplamiento estándar		Pernos					
				Pernos a esfuerzo de corte [lb-in]			Pernos a esfuerzo de aplastamiento [lb-in]		
Tamaño [in]	Torque [lb-in]	Diámetro del eje	Torque [Lb-in]	1	2	3	1	2	3
1 1/2	3140	1	820	690	1380	2070	985	1970	2955
2	7500	1 1/2	3070	1830	3660	5490	2500	5000	7500
2 1/2	14250	2	7600	3800	7600	11400	3930	7860	11790
3	23100	2 7/16	15090	4635	9270	13900	5820	11640	17460

Fuente: FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190. Disponible en: <https://books.google.com.co>

En la anterior tabla se dan los valores máximos de torque que pueden ser soportados por los componentes. El tubo del eje central es cédula 40, el eje de acoplamiento es el estándar de acero 1018 recomendado por la CEMA y los pernos son grado 2 A307.

Teniendo el torque transmitido se puede ver a partir de la tabla 21 que un tubo cédula 40 de 2 in de diámetro nominal soporta hasta 7500 lb-in por lo cual hay un factor de seguridad de 3,6 aproximadamente, en el caso del tamaño para los ejes de acoplamiento un diámetro de 1 1/2 aseguran un factor de seguridad de 1,5 aproximadamente y finalmente usar 2 pernos para los acoples da un factor de seguridad de 1.7 en esfuerzo al corte y de 2,3 en esfuerzo al aplastamiento, por tanto los anteriores componentes tienen una resistencia idónea para esta aplicación.

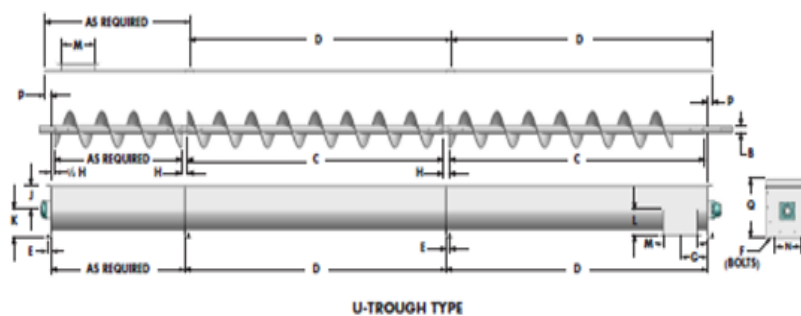
**6.2.4.7 Selección de los componentes del transportador.** A partir de los parámetros que ya han sido calculados se puede proceder a realizar la determinación de los componentes (con sus respectivas dimensiones) necesarios para la construcción del transportador helicoidal. Teniendo en cuenta que no existe un modelo de cálculo para determinar los espesores o tamaños de los componentes, esta selección se realizó con base en los estándares de la CEMA tomando como guía 2 de los principales fabricantes de transportadores helicoidales, asociados a esta. A continuación se muestran la tabla de recomendaciones de uno de ellos puesto que ambos manejan las mismas medidas:

Tabla 22. Tamaño recomendado para los componentes

Diametro del helicoidal y paso [in]	Diámetro del eje de acoplamiento [in]	Tamaño nominal del tubo céd 40 para el eje principal	Longitud estándar	Espesor de la hélice
10 [in]	1 1/2 [in]	2 [in]	9 [ft] con 10 [in]	3/16 [in]

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Figura 146. Dimensiones recomendadas para el transportador helicoidal

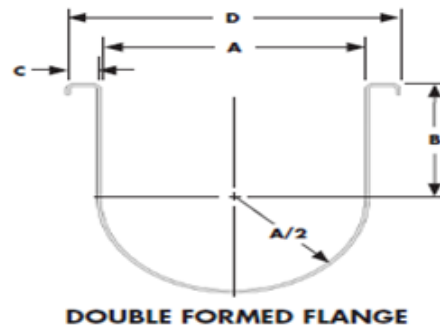


DIÁMETRO DEL HELICOIDAL	B ( DIÁMETRO DEL EJE )	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
10	2	9'-10"	10'	13/4	1/2	9	2	63/8	8 7/8	77/8	11	9 1/2	1 3/4	183/8

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

La artesa que se eligió para el transportador es la tipo U formada y con pestañas para una mayor hermeticidad en la unión de la tapa.

Figura 147. Dimensiones recomendadas para la artesa

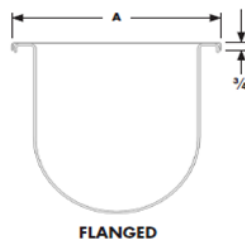


DIÁMETRO DEL HELICOIDAL	ESPESOR DE LA ARTESA	A	B	C	D	LONGITUD ESTÁNDAR
10	Calibre 12	11	6 3/8	1 1/2	14 1/4	10'

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

La cubierta elegida fue una del tipo formada:

Figura 148. Dimensiones recomendadas para la cubierta



DIÁMETRO DEL HELICOIDAL	ESPESOR DE LA CUBIERTA	A	LONGITUD ESTÁNDAR
10	Calibre 12	15	10'

Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107.

Las demás características del transportador diseñado son: Hélice de tipo seccionada (dejando sin hélice las salidas del transportador), Ejes de acoplamiento, motriz y terminal estándar, Rodamiento de bolas con pedestal para el eje conducido, Rodamiento de Rodillos en pedestal del lado del eje del motor, bujes de soportes intermedios del tipo 226 (montaje interno) y tapas de artesa con pie y pedestal.

**6.2.4.8 Selección del motoreductor.** El motoreductor elegido para el suministro de potencia a los transportadores helicoidales (uno para cada transportador) es un motoreductor compuesto de un motor trifásico más un reductor de engranajes helicoidales. Se escogió un motoreductor de la marca sew eurodrive debido a la buena calidad de estos motores.

Figura 149. Motor seleccionado



R..DT../DV..BM(G)

Selections Gearmotors									
Motor Power P <sub>n</sub> HP	Output Speed n <sub>n</sub> rpm	Service Factor	Torque T <sub>n</sub> lb-in	OHL F <sub>n</sub>	Ratio i	Gear Stages <sup>1)</sup>		Model	
						Pri.	Sec.	Gear	Motor
3.0	89.0	1.3	2120	770	19.27	2	-	R47	DT100LS4
	86.0	2.4	2190	1860	19.89	2	-	R67	DT100LS4

Fuente:

[http://www.motorreductores.com/otros/2002\\_20Constant\\_20Speed\\_20Gearmotors.pdf](http://www.motorreductores.com/otros/2002_20Constant_20Speed_20Gearmotors.pdf)

La potencia del motor es de 3 [hp], la velocidad de salida angular es de 89 [rpm], el factor de servicio es de 1,3 y el torque es de 2120 [lb-in].

### 6.2.5 Especificaciones finales

Tabla 23. Especificaciones de diseño para los transportadores

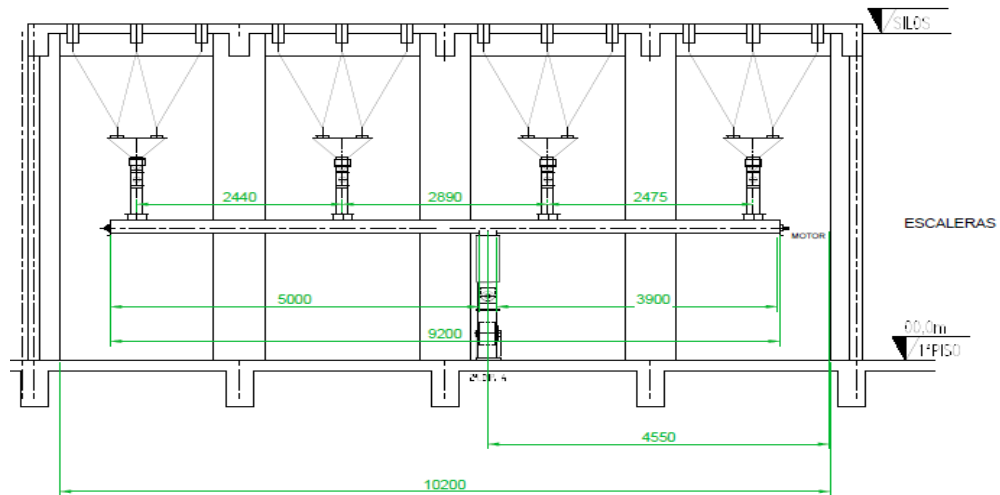
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA LOS TRANSPORTADORES		
DESCRIPCIÓN	TRANSPORTADOR 5TO PISO	TRANSPORTADOR 1ER PISO
MATERIAL A TRANSPORTAR	GRANO DE TRIGO	GRANO DE TRIGO
CAPACIDAD DE TRANSPORTE REQUERIDA	12-15 Ton/h	12-15 Ton/h
LONGITUD DE TRANSPORTE REQUERIDA	9 m	9.2 m
LONGITUD DE ROSCA DERECHA	9 m	3.9 m
LONGITUD DE ROSCA IZQUIERDA	0 m	5 m
NÚMERO DE SOPORTES COLGANTES	2	2
NÚMERO DE ENTRADAS	1	4
NÚMERO DE SALIDAS O DESCARGAS	4	1
MATERIAL DEL TRANSPORTADOR	ACERO INOXIDABLE	HR
TRANSMISIÓN	MOTOR-REDUCTOR CON ACOPLE DIRECTO DE CADENA	

Tabla 24. Recomendaciones para la construcción de los transportadores

RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS TRANSPORTADORES	
DESCRIPCIÓN	VALOR
DIAMETRO DEL HELICODIAL	10 in
PASO DEL HELICODIAL	10 in
TIPO DE ARTESA	TIPO U
DIAMETRO DEL EJE	1 1/2 in
TAMAÑO DE TUBO CÉDULA 40	2 in
DISTANCIA ESTANRAR DE SEPARACIÓN PARA COLGANTES	3 m
ESPESOR DEL HELICODIAL	3/16 in
CALIBRE DE LA ARTESA Y DE LA CUBIERTA	12 ga

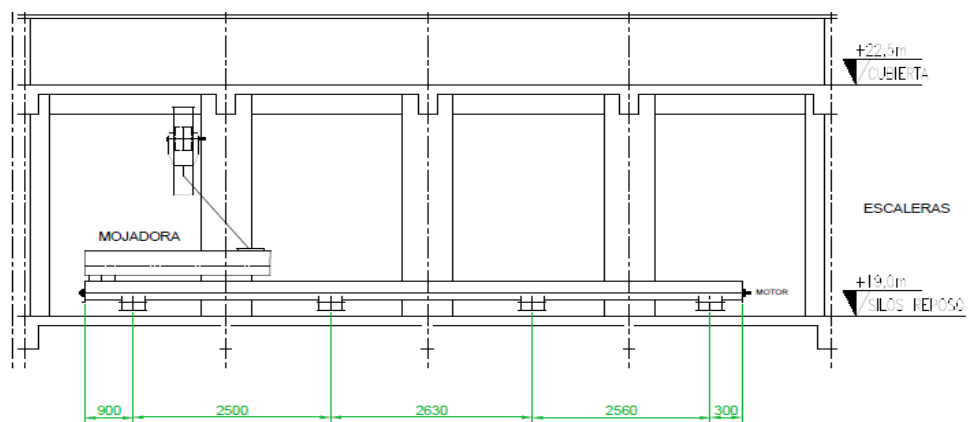
**6.2.5.1 Transporte del trigo de la salida de los silos de reposo hacia la segunda etapa de limpieza (Transportador helicoidal 1er piso).**

Figura 150. Transportador helicoidal 1er piso



**6.2.5.2 Transporte del trigo de la salida del sistema de acondicionamiento hacia los silos de reposo (Transportador helicoidal 5to piso).**

Figura 151. Transportador helicoidal 5to piso



### **6.3 DISEÑO TRANSPORTADOR DE CADENA**

Los transportadores de cadena están diseñados para transportar cargas pesadas y para absorber severas cargas de choque, además funcionan bien en ambientes muy abrasivos y corrosivos con o sin protección.

Estos transportadores son utilizados en una enorme variedad de aplicaciones, estas aplicaciones se pueden clasificar de diferentes maneras. Por ejemplo la más habitual forma dos grandes grupos, si el material transportado es arena o granos, sería un transporte en masa o a granel, pero si el material son televisores o cajas de cartón, sería un transporte por unidades. De esta manera estos transportadores pueden funcionar cargando, empujando o arrastrando el material.

La forma en que el producto se lleva y se saca del transportador depende del sistema utilizado. Por ejemplo, si son objetos largos que se manejan individualmente estos pueden ser deslizados para ponerlos sobre o fuera del transportador y se emplearía un sistema de listones o placas. Si por el contrario el material es a granel, este debe ser puesto dentro del transportador y retirado de este por medio de tolvas y se utilizaría un transportador de arrastre.

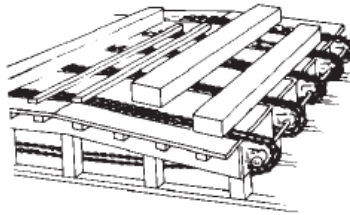
A continuación se muestran los diferentes tipos de transportadores de cadena que existen en el mercado, los tipos de cadenas, los suplementos para las cadenas dependiendo del tipo de transporte y el tipo de canales que se utilizan más comúnmente:

## 6.3.1 Diseño Conceptual

### 6.3.1.1 Tipos de transportadores de cadena

A. Cadena Plana:

Figura 152. Cadena Plana

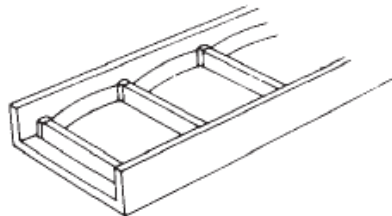


Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015].  
Disponibile En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Muchos objetos pueden ser transportados sin agregar tablillas o accesorios fijos o removibles a las cadenas, en la imagen se puede observar un ejemplo de esto, la cadena forma unas pistas y la carga se transporta directamente sobre la cadena. Este tipo de cadenas se pueden funcionar en rodadura o deslizamiento, esto depende de las características del material y la operación a realizar.

B. Transportador de Arrastre:

Figura 153. Transportador de Arrastre

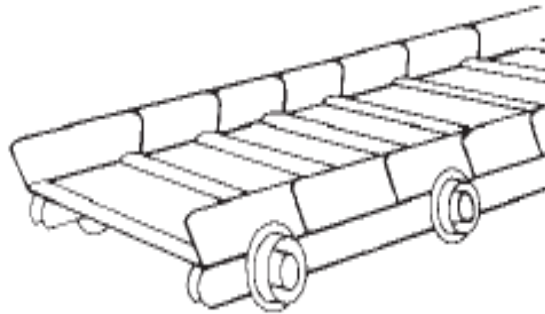


Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015].  
Disponibile En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Una o más cadenas en un sistema sin fin, con o sin vuelos integrales, mueven el material dentro de un cajón. Son muy similares a los transportadores de arrastre con paletas, la principal diferencia consiste en que no utiliza uniones en los extremos de la cadena si no que la misma cadena o los eslabones internos son los que arrastran el material, por esta razón se utilizan varias hebras de cadena.

### C. Transportador de Placas:

Figura 154. Transportador de Placas

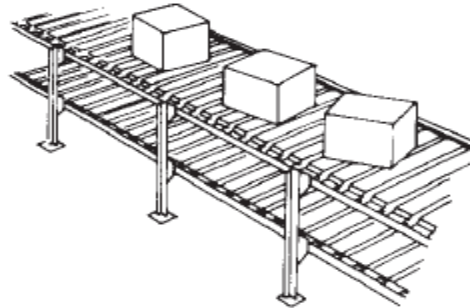


Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015].  
Disponible En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Formados por placas de acero montadas sobre dos o más hileras de cadenas. Son buenos para aplicaciones de alto impacto, abrasión y altas temperaturas. La descarga la hacen por encima del eje. Este sistema de transporte se ha empleado para manejar todo tipo de materiales, sueltos y a granel, aunque en las uniones de las placas se pueden quedar materiales muy finos. Pueden ser acondicionados con gran dureza y rigidez, lo que les permite trabajar muy bien en condiciones de operación severas.

#### D. Transportador de Listones:

Figura 155. Transportador de Listones

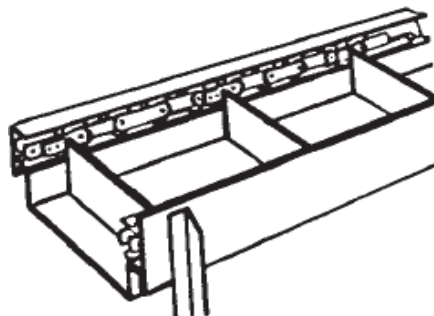


Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015].  
Disponible En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Este transportador consiste en dos o más hileras de cadenas unidas por tablillas cada determinado intervalo. Este tipo de cadenas usualmente tiene las uniones muy cercanas para fijar las tablillas. Son muy empleados en el movimiento de productos hacia los procesos, por ejemplo líneas de montaje de electrodomésticos.

#### E. Transportador con Palas de Arrastre:

Figura 156. Transportador con Palas de arrastre

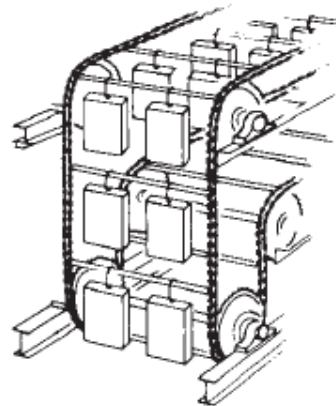


Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015].  
Disponible En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Una o más cadenas en un sistema sin fin, tienen unidas paletas en los extremos para arrastrar el material dentro del canal, estas paletas están suspendidas dentro del material y por lo tanto es la carcasa del transportador quien soporta el material y no la cadena. Generalmente son utilizados para el movimiento de material a granel, una alternativa para cargar este transportador es hacerlo por los lados y la descarga se hace justo en frente o debajo del eje de la cabeza del transportador. La cadena usualmente se pone por encima del material centrada, pero si se usan dos cadenas estas se pueden poner a lado y lado del material.

#### F. Transportador de Barra Transversal:

Figura 157. Transportador de Barra Transversal



Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015]. Disponible En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

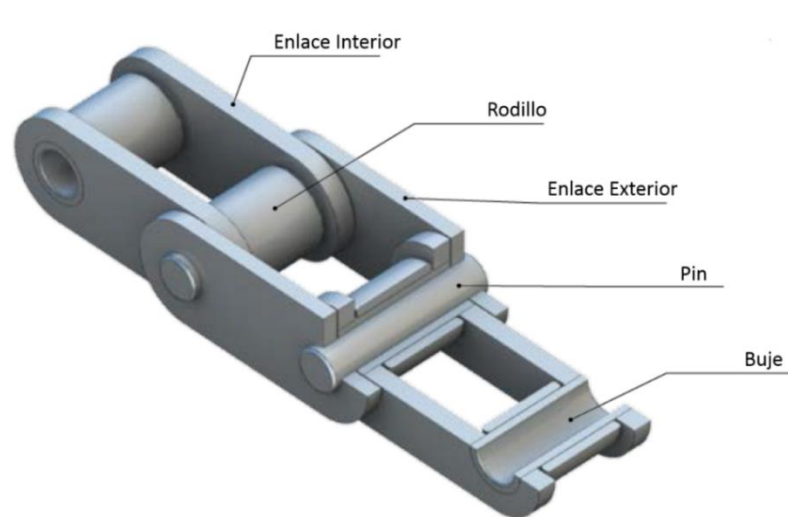
Están formados por dos hileras de cadena conectadas por barras transversales, pueden ser dispuestas en tramos inclinados y serpentinas. Son utilizados en el tratamiento de superficies y líneas de acabado, de esta forma las partes son suspendidas desde el transportador para ser sumergidas y secadas, sin tener que retirarlas del transportador.

**6.3.1.2 Cadenas de transporte.** Estas cadenas también son llamadas Cadenas de Ingeniería y no están normalizadas, lo que significa que no pertenecen a ningún estándar mundial ni local, aunque hay excepciones con algunas fabricadas en Estados Unidos y otros países bajo la norma ANSI e ISO.

El paso de este tipo de cadenas es muy amplio debido a que las longitudes de estas son muy largas. Generalmente estos pasos vienen en medidas de entero y fracción. Los piñones que utilizan están hechos de hierro fundido o de acero.

Como generalmente estas cadenas trabajan en contacto directo con el material que transportan o en ambientes muy húmedos o a la intemperie, su lubricación es bastante difícil y en ocasiones nociva. La mejor solución que se ha dado para evitar que las articulaciones se peguen es fabricarlas con tolerancias muy amplias, de esta manera también la ayuda a liberarse del material que se acumula entre sus componentes. [5]

Figura 158. Partes de una cadena de transporte



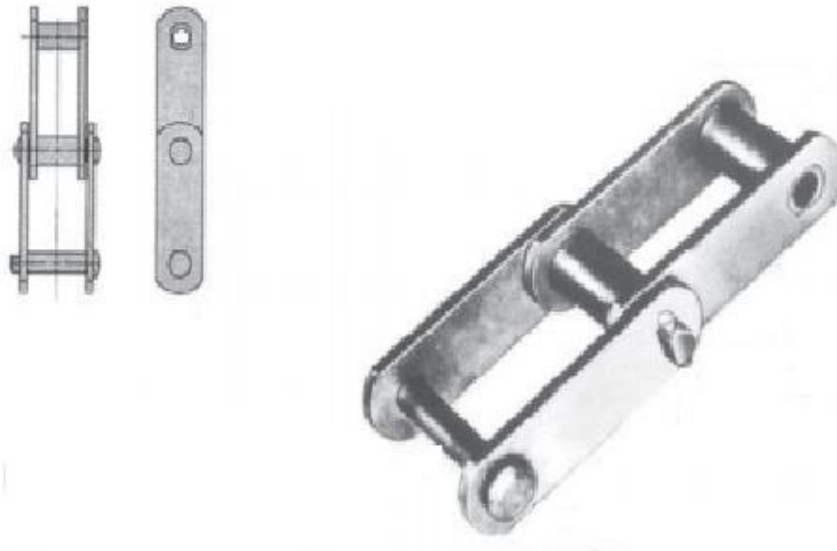
Fuente: REXNORD. Conveyor chains FV and FVT DIN 8165 [online]. En: [http://www.dukranosgrupe.lt/media/file/Konvejerines%20grandines/Konvejerines%20grandines\\_FV\\_ir\\_FVT\\_GB.pdf](http://www.dukranosgrupe.lt/media/file/Konvejerines%20grandines/Konvejerines%20grandines_FV_ir_FVT_GB.pdf). Citado [17/05/2015]. p.2

### 6.3.1.3 Tipos de cadenas transportadoras

#### A. Cadenas Transportadoras sin Rodillos

Esta clase de cadenas se encuentran en cualquier lugar y sirven para todo tipo de aplicación. Están formadas por un eslabón de pasadores alternado con uno de bujes. Los rodillos se eliminan para economizar y hacer más sencillo el sistema. Los extremos de los bujes se mecanizan con un diámetro menor para dejar los hombros de tope que entran forzados dentro de los huecos de las chapetas de enlace. [5]

Figura 159. Cadenas transportadoras sin rodillos

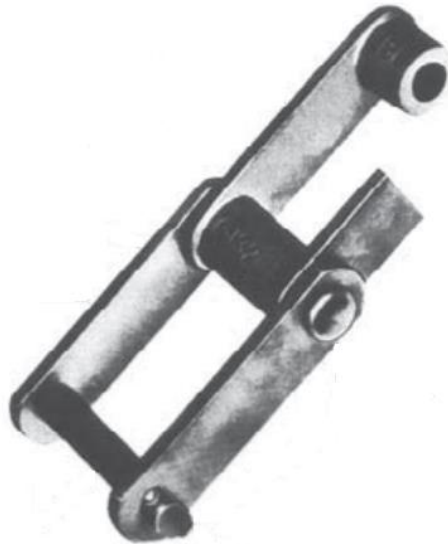


Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.2.

## B. Cadenas Combinadas

Se llaman combinadas porque están formadas por eslabones fundidos enterizos alternados con eslabones de chapetas. Todos sus componentes se someten a tratamiento térmico para lograr el máximo de resistencia tanto a la tensión como al desgaste. Son intercambiables en los mismos piñones con las cadenas sin rodillos y se les pueden adaptar los mismos aditamentos que a estas. Se prestan mejor para trabajar como cadenas de arrastre en los transportadores de arrastre y no se recomiendan para transmitir potencia entre ejes distantes entre sí. [5]

Figura 160. Cadenas combinadas



Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.104.

## C. Cadenas Transportadoras de Bujes y Rodillos

De este tipo de cadenas los fabricantes ofrecen una alta variedad para servicio pesado de transportadores y elevadores. Las de rodillos extra grandes son las más utilizadas en los transportadores ya que los rodillos les permiten rodar en vez

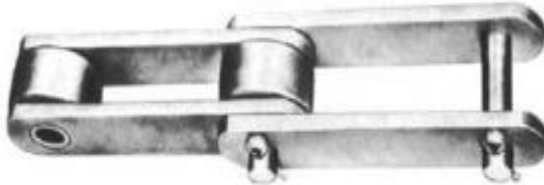
de arrastrarse sobre los rieles lo que reduce la fuerza de tracción requerida para mover los transportadores. [5]

Se pueden clasificar en cuatro grandes tipos:

◆ Tipo 1

Tienen eslabones de chapetas rectas largas y rodillos de gran diámetro que sobrepasa el ancho de las chapetas. Dependiendo del material en que sean fabricadas resulta muy favorable su uso en el procesamiento de productos alimenticios y otras aplicaciones en las que la lubricación es impracticable o indeseable. [5]

Figura 161. Cadena de rodillos tipo 1

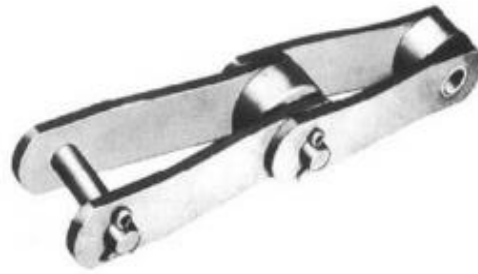


Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.106.

◆ Tipo 2

Tiene eslabones largos acodados que ofrece la ventaja de acortar o alargar la cadena retirando o agregando uno o varios eslabones. [5]

Figura 162. Cadena de rodillos tipo 2



Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.106.

◆ Tipo 3

Estas cadenas están formadas por eslabones de chapetas largas y rectas y rodillos extra grandes de flanche. Son utilizadas para llevar bandas metálicas transportadoras anchas. [5]

Figura 163. Cadena de rodillos tipo 3

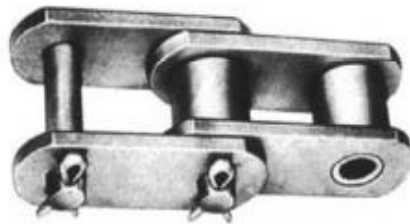


Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.106.

◆ Tipo 4:

Son cadenas con eslabones de chapa todos rectos y los rodillos son de diámetro estándar que no rebasan ni alcanzan el ancho de las chapas, por lo que deben por fuerza arrastrarse sobre sus cantos o a lo largo de rieles angostos que no superen el ancho entre las chapas interiores. [5]

Figura 164. Cadena de rodillos tipo 4

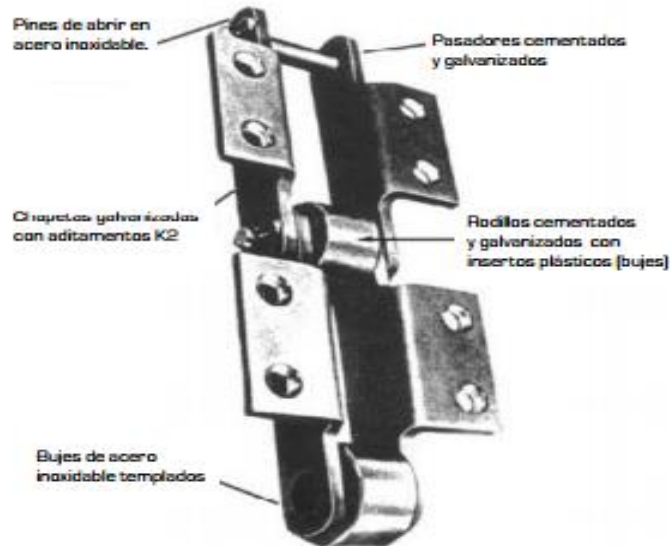


Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.106.

#### D. Cadenas Transportadoras Anticorrosión y Antifricción

Se usa mucho en las plantas procesadoras de alimentos, sobre todo en los frigoríficos, sobresalen porque sus rodillos usan bujes de material plástico de baja fricción y los bujes de las chapas son de acero inoxidable templado, por lo tanto no necesitan lubricación, permiten una fácil limpieza, tienen una larga vida y la fricción disminuye en un cuarenta por ciento. [5]

Figura 165. Cadenas transportadoras anticorrosión y antifricción



Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.107.

#### E. Cadenas Transportadoras Tipo Clavija

Son fabricadas en acero fundido, sus eslabones son enterizos en forma acodada y sus pasadores son mecanizados en acero aleado y tratados térmicamente. Pueden ser utilizadas para transmitir potencia o para el transporte, para el transporte se debe dejar el extremo ancho en la punta y para transmitir potencia se ubican de forma contraria, es decir, con el extremo angosto punteando. [5]

Figura 166. Cadenas transportadoras tipo clavija



Fuente: INTERMEC. Piñones y Cadenas [online]. 6ta Edición. Consultado [24/05/2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) p.108.

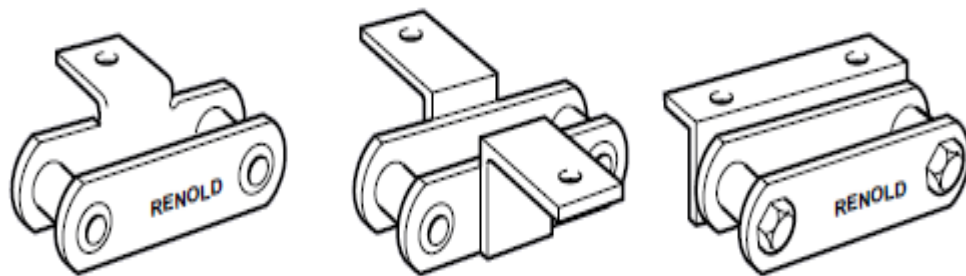
**6.3.1.4 Tipos de suplementos para la cadena transportadora.** Los suplementos son las partes equipadas a la cadena que permiten que ésta se pueda adaptar a un tipo de transporte en particular, pueden ser fabricados como una parte de las placas de la cadena o puede ser parte de la cadena reemplazando una de las uniones.

#### A. Uniones Tipo K

Estos son el tipo de uniones más utilizadas, por lo general se utilizan en transportadores tipo listón, transportadores de placas y elevadores de cangilones, entre otros. Como se puede observar en la figura, este tipo de uniones tienen una plataforma paralela a la cadena y a los ejes de los pasadores. Generalmente son utilizados para asegurar los platos o los cangilones a la cadena. Normalmente se proporcionan con uno o dos agujeros de tal forma que se puedan incorporar en uno o en los dos lados de la cadena. En la figura se puede observar que la unión

a, se formó doblando la misma placa de la cadena, pero en otras situaciones también se usan placas separadas, como se observa en la figura la unión b, estas uniones se pueden hacer soldadas a la cadena dependiendo de la serie, de la cadena particular y la aplicación, o simplemente pueden ser atornillados a la cadena a través de pasadores ya sea interior o exteriormente, como se ve en la figura la unión c.

Figura 167. Uniones tipo K



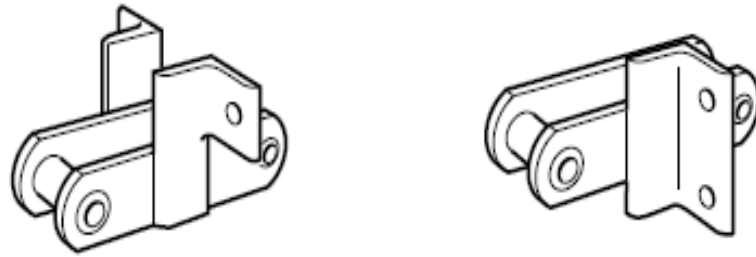
Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En:

[http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

## B. Uniones Tipo F

Estas uniones son comúnmente usadas para transportadores con palas de arrastre. Están formadas por un ala con una superficie vertical perpendicular a la cadena. Pueden ser montadas en uno o en ambos lados de la cadena y por lo general se fijan a esta usando soldadura. Cada una de estas alas puede estar provistas por uno o dos agujeros.

Figura 168. Uniones tipo F



Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

### C. Uniones Tipo G

Como se puede observar en la figura estas uniones toman la forma de una superficie plana colocada contra el lado de la placa de la cadena y paralela a la línea de la cadena. Se utiliza normalmente para elevadores de cangilones y transportadores de paletas. Cuando la unión es integral con la placa exterior, la cubierta de la rueda dentada debe ser removida para poder limpiar la placa. Este tipo de uniones normalmente se montan a un solo lado de la cadena.

Figura 169. Uniones tipo G

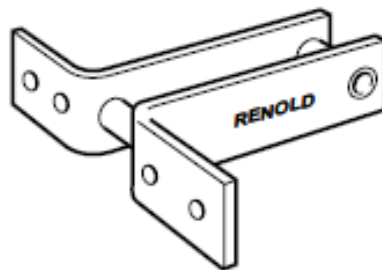


Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

#### D. Uniones Tipo L:

Este tipo de uniones son muy similares al accesorio tipo F, se ubican en una posición semejante en la cadena y una de sus principales aplicaciones son los transportadores de palas de arrastre. Como se observa en la figura este tipo de uniones son integrales con las placas exteriores, pueden ser lisas o perforadas con uno o dos orificios. Se pueden ubicar en uno o ambos lados de la cadena

Figura 170. Uniones tipo L



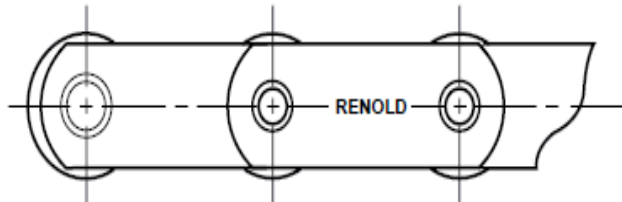
Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

#### 6.3.1.5 Tipos de pasadores

##### A. Cadena con Pasador de Apoyo Hueco

Este tipo de cadena ofrece la facilidad de realizar la fijación de los soportes con las otras secciones utilizando pernos. Este método de fijación ha sido adecuado en la mayoría de las circunstancias comunes. Las uniones se pueden apretar con los pernos o se pueden unir libremente, los pernos solo deberían abarcar el eslabón exterior y el interior sin poner en peligro la articulación libre de la cadena.

Figura 171. Cadena de pasadores huecos

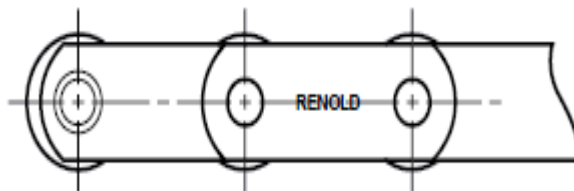


Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

#### B. Cadena con Pasador de Apoyo Sólido

La unión de los eslabones se hace igual que en la cadena con pasador de apoyo hueco, es más robusta con una alta carga de corte y es recomendada para usar en las condiciones más arduas.

Figura 172. Cadena de pasadores sólidos

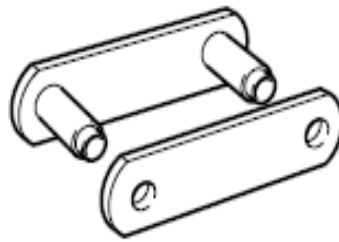


Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

### 6.3.1.6 Enlaces de conexión exteriores de la cadena

A. Enlace Externo Remachado: Es particularmente útil en las cadenas de pernos huecos como retención de éstos.

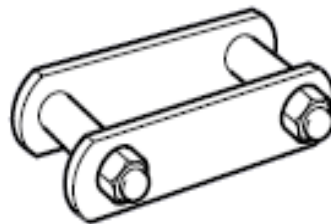
Figura 173. Enlace externo remachado



Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

B. Pasador de Apoyo Sólido Tipo Perno: Estos pasadores tienen ajuste deslizante y son retenidos por tuercas.

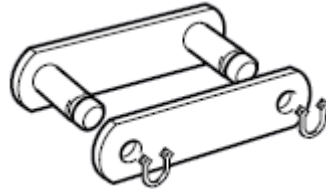
Figura 174. Pasadores sólidos tipo perno



Fuente RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En: [http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

### C. Pasadores Sujetados por Anillos de Retención

Figura 175. Sujeción pasadores por medio de anillos de retención



Fuente: RENOLD. Section 4, Conveyor Chain Designer [online]. Consultado [01/04/2015]. Disponible En:

[http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor\\_Chain\\_-\\_Designer\\_Guide.pdf](http://www.renold.com/upload/renoldswitzerland/Conveyor_Chain_-_Designer_Guide.pdf).

A partir de la información recopilada se puede hacer una clasificación de los transportadores de cadena dependiendo del tipo de material que generalmente ponen en movimiento, si es a granel (que generalmente se mide en toneladas por hora) o por unidades (que se mide en piezas por hora):

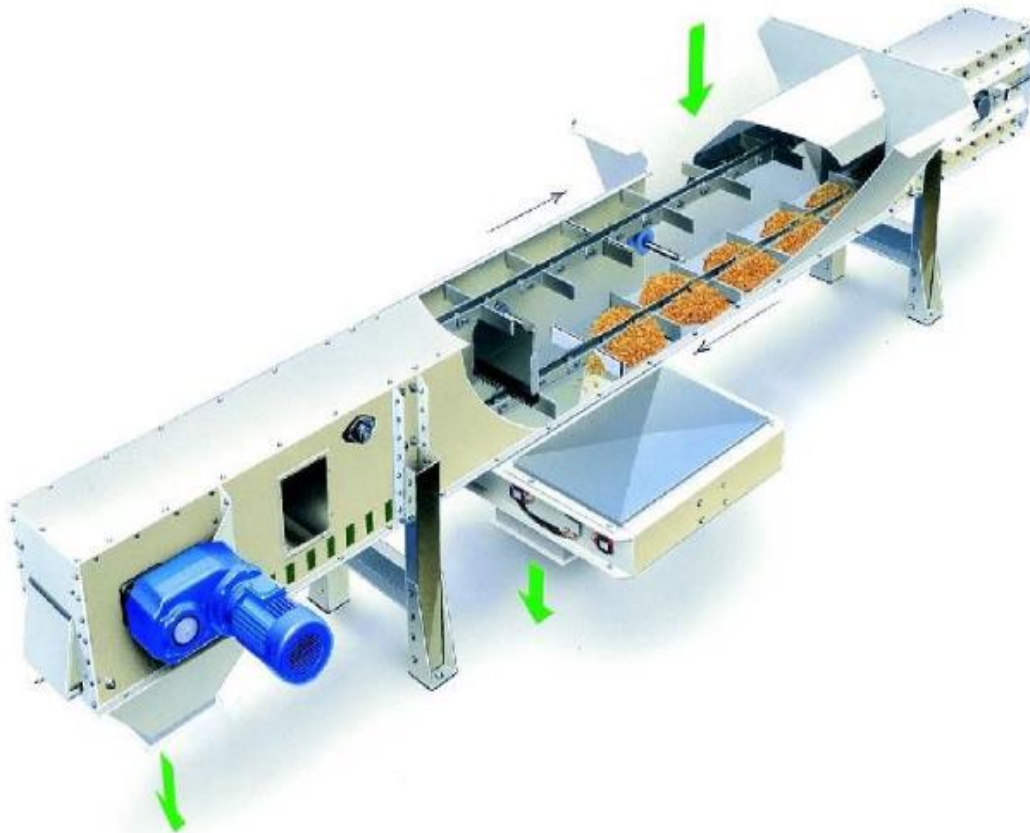
Tabla 25. Tipo de material y transportador

TRANSPORTADOR	GRANEL	UNIDADES
De cadena plana		X
De arrastre	X	
De Placas	X	
De listones		X
De palas de arrastre	X	
De barra transversal		X

Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015] En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

De la tabla anterior se descartan los transportadores utilizados para el transporte de productos por unidades, que para este caso particular no satisfacen la necesidad del transporte de trigo. De esta manera la siguiente información se concentrará en el diseño y selección de un transportador ya sea de arrastre con o sin paletas porque el transportador de placas que es otra posibilidad, no es el más recomendable para el movimiento de este tipo de producto.

Figura 176. Transportador de Arrastre

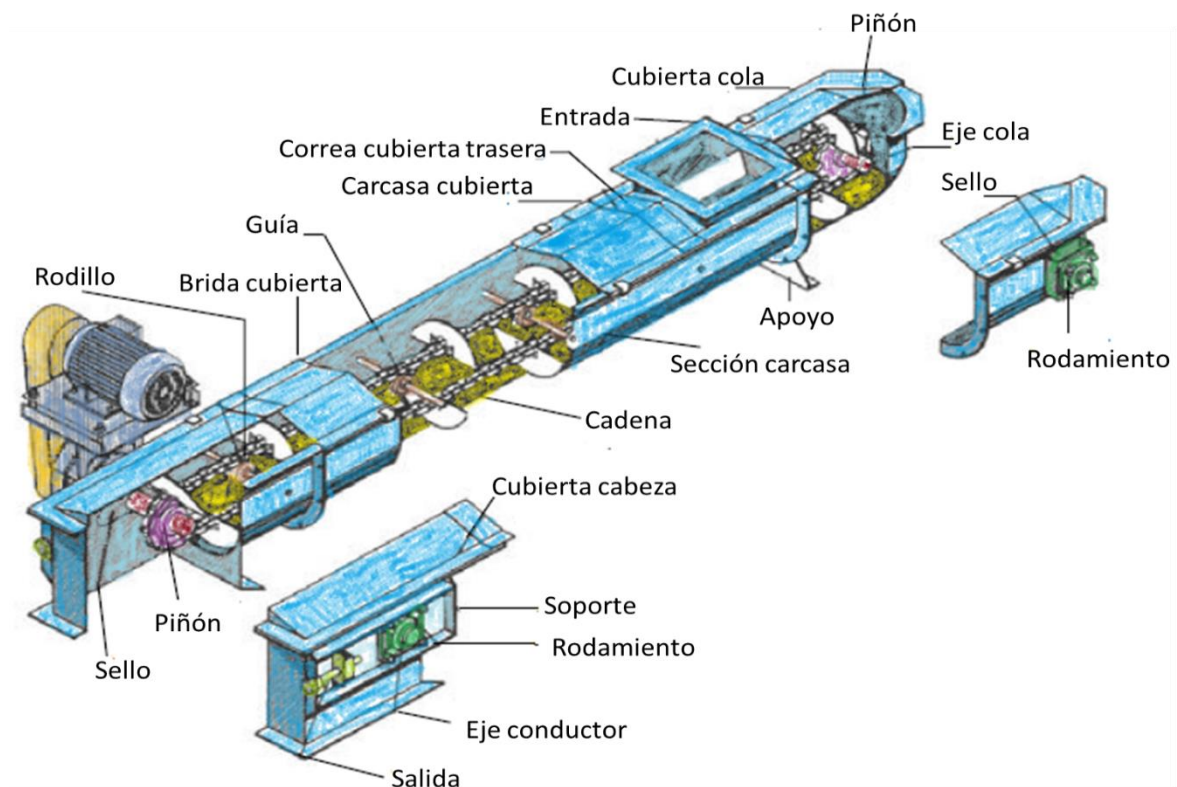


Fuente: <http://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/03/serie-transportadores-redler-ou-transportador-de-corrente/> 20/05/2015

Ahora se procede a analizar los transportadores de arrastre de tal forma que se pueda comprender con más detalle cada una de las partes que los componen y que son importantes para poder hacer el diseño final que cumpla con los requerimientos de transporte del molino.

### 6.3.1.7 Partes de un transportador de arrastre

Figura 177. Partes transportador de arrastre



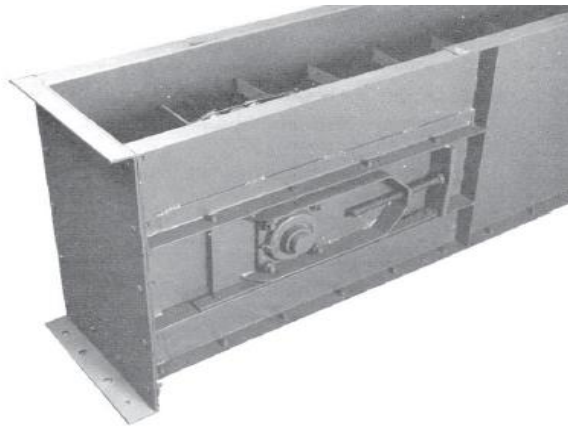
Fuente: GREGG, Bill y BILLUPS, Gary. Seed Conditioning [Online]. Chapter 12. Conveyors. Science Publishers 2010. CRCnetBASE. ISBN: 978-1-4398-4508-0. P. 156-177.

### 6.3.1.8 Tipos de carcasa para transportadores de arrastre

#### A. Carcasa de Fondo Plano

La carcasa de fondo plano es ampliamente utilizada debido a que los costos de fabricación y de consumo de potencia son menores para mayores capacidades de transporte de productos, generalmente se utilizan cuando el transporte es horizontal. [2]

Figura 178. Carcasa fondo plano



Fuente: WAM. CEMA Drag conveyors [online]. United States of America 2002. Consultado [19/05/2015]. Disponible En: [http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/MaterialsHandling/ScrewBucket/AA\\_TechCatalogue\\_WAM.pdf](http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/MaterialsHandling/ScrewBucket/AA_TechCatalogue_WAM.pdf)

#### B. Carcasa de Fondo Redondo

Las ventajas que presenta el uso de la carcasa de fondo redondo es que es un sistema auto limpiable, que soporta altas inclinaciones y productos húmedos.

Figura 179. Carcasa de fondo redondo



Fuente: WAM. CEMA Drag conveyors [online]. United States of America 2002. Consultado [19/05/2015]. Disponible En: [http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/MaterialsHandling/ScrewBucket/AA\\_TechCatalogue\\_WAM.pdf](http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/MaterialsHandling/ScrewBucket/AA_TechCatalogue_WAM.pdf)

**6.3.2 Diseño de detalle del transportador de cadena.** El procedimiento de diseño del transportador de arrastre abarca la determinación de las dimensiones de la carcasa y apoyos, la selección de la cadena y los piñones, el diseño de las zonas de carga y descarga del material, el diseño de los ejes, bujes y la selección de la fuente motriz.

#### **6.3.2.1 Datos de entrada**

Material a Transportar: Trigo

Distancia Aproximada de Transferencia: 25 m

Se necesitan dos tramos para la transferencia:

Tramo 1: 17 m ligeramente inclinado.

Tramo 2: 7 m horizontal.

Capacidad Requerida: 12 Toneladas/hora

Velocidad de Transporte=0,3 m/s

A. Características del Material a Transportar:

Tabla 26. Características Trigo

CARÁCTERÍSTICA	VALOR
DENSIDAD	0,76 [Ton/m <sup>3</sup> ]
ABRASIVIDAD	Media
OTROS	Explosividad

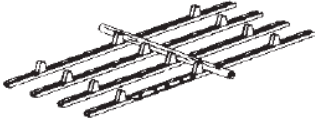
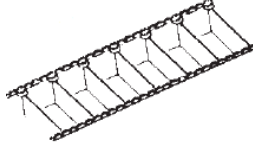
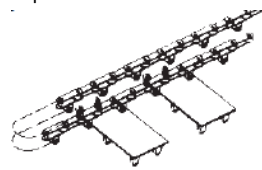
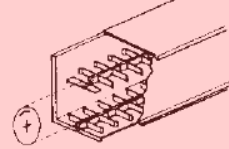
Fuente: CEMA

B. Otras consideraciones:

La carcasa que se va a emplear es de fondo plano pues gracias a que el transporte de un tramo tendrá una leve inclinación y el del otro tramo será completamente horizontal, se pueden aprovechar las ventajas mecánicas y económicas que ofrece este tipo de carcasa.

**6.3.2.2 Selección general del tipo de cadena.** Conociendo la distancia de transporte y las características del material a mover se selecciona el tipo de transportador requerido a partir de la siguiente tabla:

Tabla 27. Selección sistemas de transporte

TIPO DE TRANSPORTADOR	MATERIAL TRANSPORTADO			
	POR UNIDADES	TIPO DE CADENA	A GRANEL	TIPO DE CADENA
EMPUJE O TRANSPORTE POR FRICCIÓN	Transportador de Empuje 	RF NF RFD	Transportador de Paletas 	RF
	Transportador de Circulación Horizontal 	RF RFN	Transportador de Flujo 	RF NFX

Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015]  
 Disponible En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Para la selección de la cadena se usan los códigos ubicados en la columna derecha, a continuación se explica el significado de estos:

RF: Son cadenas con rodillos de paso doble o las cadenas de transporte básicas que funcionan en cualquier aplicación.

NFX: Cadenas articuladas para transportadores de flujo. Sirven para transportar materiales de alta abrasividad, soportan altos rangos de cargas de tensión, son muy rígidas.

Se recomienda iniciar la selección por las cadenas tipo RF, RS o TP que son las básicas, los demás tipos de cadenas se utilizan para condiciones especiales.

Atendiendo esta sugerencia, se escoge una cadena tipo RF, a continuación se ven los tipos y las características principales de este tipo de cadenas:

Tabla 28. Características cadenas RF

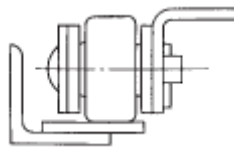
Tipo de Cadena	Paso	Tipo de Rodillo	Distancia entre Centros	Material Transportado		
				Peso	Tamaño	Rigidez
RF Cadena de Paso Doble	Mediano	R-S	Mediana	Liviano	Pequeño-Mediano	Media
RF Cadena de Transporte	Largo	R-F-S	Larga	Medio-Pesado	Mediano-Largo	Alta

Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015]  
 Disponible En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Los rodillos que se le pueden adaptar a la cadena seleccionada se especifican a continuación:

Tipo R: Son rodillos de gran tamaño y son muy comúnmente usados en transportadores largos (más de 10 m) y altas velocidades (más de 20 m/min).

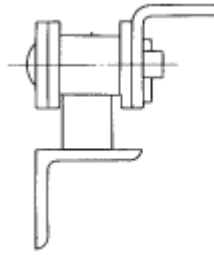
Figura 180. Rodillo tipo R



Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015]  
 Disponible En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Tipo S: Estos rodillos están diseñados para disminuir el choque causado por el acoplamiento del piñón, se pueden utilizar en distancias cortas o largas y a velocidades bajas.

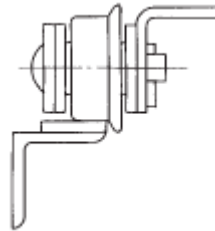
Figura 181. Rodillo tipo S



Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015]  
Disponible En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Tipo F: Son utilizados principalmente para prevenir el arrastre de las cadenas de paso largo, no es una opción para el transporte de objetos pesados, materiales a granel o para operar a altas velocidades.

Figura 182. Rodillos tipo F

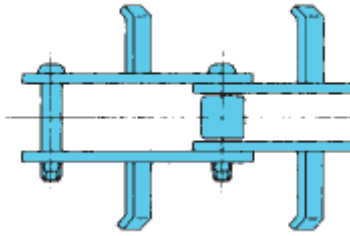


Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015]  
Disponible En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Se seleccionan los rodillos tipo S que son más pequeños que los eslabones que forman la cadena.

Para el movimiento de los granos se selecciona el tipo de aditamento que se debe unir a la cadena, en este caso se agrega una unión tipo L que es la más acertada.

Figura 183. Aditamento tipo L



Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015]. En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

**6.3.2.3 Cálculo de la tensión de la cadena.** Para poder escoger el tamaño y la referencia de la cadena se calculan las tensiones a las que va a estar sometida y se hace un proceso iterativo para determinar la velocidad de transporte, el tamaño de los piñones y las dimensiones de la carcasa.

$$WL = \frac{HP * 33000 * E * V}{vel} \quad (58)$$

Donde:

WL; es la carga de trabajo. [lb]

HP; es la potencia requerida en caballos de potencia.

E; es un factor de velocidad que se obtiene del catálogo Tsubaki Chain Conveyor.

V; es un factor de servicio que se obtiene del catálogo Tsubaki Chain Conveyor.

vel; Velocidad del transportador en ft/min.

La potencia se determina a partir de la siguiente ecuación y las siguientes relaciones:

$$HP = \frac{FC * vel[m/s]}{745,71} \quad (59)$$

$$FC = g * L[(Wc + \mu_{s2}) + (Wm + \mu_{sm})] + P_B + X \quad (60)$$

$$\mu_{s2} = (\mu_c * \cos \alpha) + \sin \alpha \quad (61)$$

$$\mu_{sm} = (\mu_m * \cos \alpha) + \sin \alpha \quad (62)$$

$$P_B = g * W_c * L * \mu_{s1} \quad (63)$$

$$\mu_{s1} = (\mu_c * \cos \alpha) - \sin \alpha \quad (64)$$

$$X = 2,25 * 10^4 * G * L * H^2 \quad (65)$$

FC; Es la fuerza total de empuje para mover la carga. [N]

g; Gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

L; Distancia entre centros

W<sub>c</sub>; Masa por metro de la cadena, incluyendo accesorios para sujeción y funcionamiento cadena.

$\mu_{s2}$ ; Relación coeficiente de fricción de la cadena con la carcasa por la inclinación.

W<sub>m</sub>; Masa de la carga por metro.

$\mu_{sm}$ ; Relación coeficiente de fricción del producto con la carcasa por la inclinación.

P<sub>B</sub>; Tensión de la cadena en el piñón más bajo. [N]

X; Tensión extra de la cadena debido a la fricción con la guía lateral. [N]

$\mu_c$ ; Coeficiente de fricción entre la cadena y la carcasa.

$\mu_m$ ; Coeficiente de fricción entre la carcasa y el material.

$\alpha$ ; Inclinación del transportador.

$\mu_{s1}$ ; Relación coeficiente de fricción de la cadena con la carcasa por la inclinación.

G; Factor que depende del material a transportar.

H; Altura material.

Después de evaluar las ecuaciones en un software para la resolución de ecuaciones se obtienen los siguientes resultados:

Carga de trabajo:  $WL = 1118 [lb]$

Tensión máxima de la cadena:  $FC = 1014 [lb]$

Potencia:  $HP = 3,15 [hp]$

Velocidad:  $vel = 0,52 [\frac{m}{s}]$

Con la tensión máxima de la cadena se puede escoger una referencia concreta para la cadena, el fabricante recomienda multiplicar el valor obtenido por un factor de seguridad igual a 7, de esta forma la cadena seleccionada debe soportar una tensión mayor o igual al valor obtenido:

$$FC = 1014 [lb] * 7 = 7100 [lb]$$

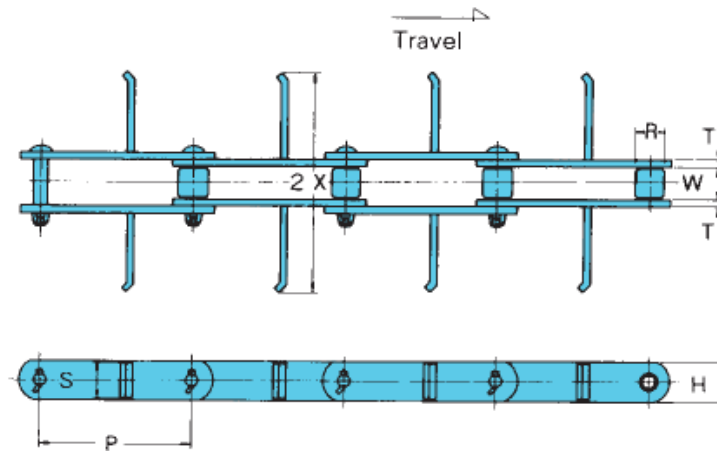
Revisando las tablas de información de las cadenas ofrecidas, se selecciona una cadena de la serie RF10125-M. A continuación se tabulan sus características:

Tabla 29. Características cadena seleccionada

CARACTERÍSTICA	VALOR
Resistencia a la tensión	25.300 lb
Peso aproximado	5,44 lb/ft
Paso	4,921 in

Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015]. En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Figura 184. Dimensiones de la cadena



Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015]. En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Tabla 30. Dimensiones cadena seleccionada

DIMENSIÓN	VALOR
2X	7,283 in
R	1,252 in
S	1,339 in
W	1,181 in
T	0,248 in
H	1,5 in

Fuente: TSUBAKI CHAIN CONVEYOR [online]. Consultado [26/05/2015]. En: [http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950\\_ECD\\_catalog.pdf](http://www.ustsubaki.com/pdf/L10950_ECD_catalog.pdf).

Con la potencia y la Velocidad obtenidas a partir de las relaciones anteriores se puede hacer la selección del Motoreductor que se necesita para mover este transportador:

Aplicando un factor de seguridad según lo especificado por el fabricante igual a 1,7 se busca un motoreductor de 5,4 Hp o más que trabaje a una velocidad de 30 rpm y que pueda soportar un torque igual o superior a 7189 lb\*in.

En el catálogo de motoreductores Sew Eurodrive se consigue un motoreductor con las siguientes características:

Potencia Motor: 5,4 Hp

Velocidad de Salida: 30 rpm

Factor de Servicio: 1,2

Torque: 11500 lb\*in

Referencia Reductor: K77

Referencia Motor: DIV112M4

**6.3.2.4 Cálculo piñones.** Los dos piñones deben ser de igual diámetro y según la recomendación del fabricante Tsubaki Chain Conveyor se dejaron de 12 dientes, a continuación se muestran las demás dimensiones:

El diámetro primitivo del piñón se calcula a partir del número de dientes y del paso, que es el mismo de la cadena utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{p}{\sin \frac{180}{z}} \quad (66)$$

D; diámetro primitivo del piñón [mm]

p; paso diametral [mm]

z; número de dientes

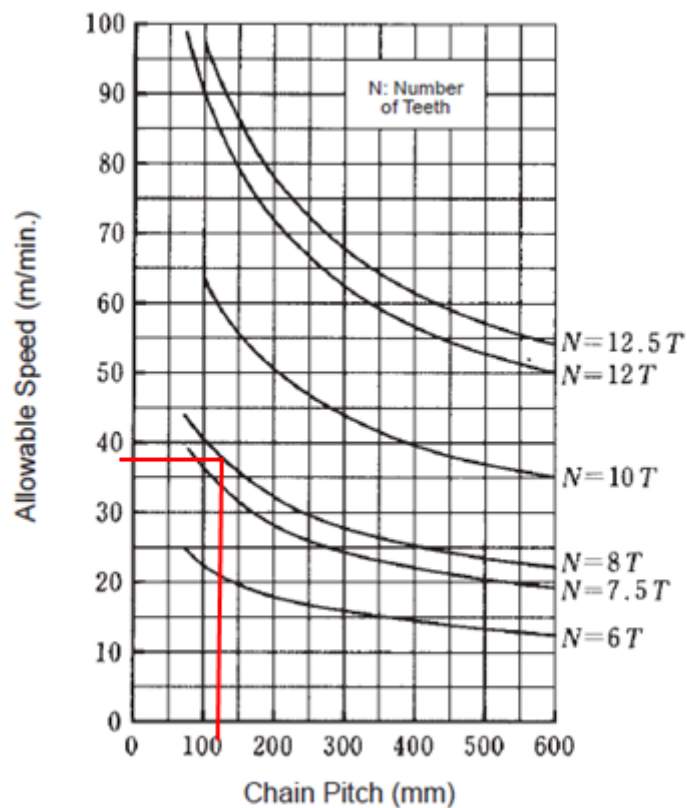
$$D = 482,96 [mm]$$

Este diámetro obtenido es un poco exagerado para el espacio disponible y se decide disminuir el número de dientes para disminuir el diámetro primitivo del piñón, por lo tanto se deja de ocho dientes y este es el diámetro obtenido:

$$D = 326,63 \text{ [mm]}$$

Se verifica que la velocidad de trabajo sea segura con este nuevo número de dientes y con el paso de la cadena, para esta verificación se usa el siguiente nomograma:

Figura 185. Nomograma velocidad admisible.



Fuente: TSUBAKI. The complete guide to chain [online]. Consultado [15/05/2015].  
En: [http://tsubaki.ca/pdf/library/the\\_Complete\\_guide\\_to\\_chain.pdf](http://tsubaki.ca/pdf/library/the_Complete_guide_to_chain.pdf).

Entrando con el número de dientes y con el paso en mm se obtiene que la velocidad admisible es igual a 38 m/s, por lo tanto si se cumple con la velocidad ya que la velocidad obtenida en los cálculos es igual a 31,2 m/min.

El ancho de cara debe ser igual o un poco menor a la dimensión  $w$  de la cadena ancho del rodillo, para respetar el juego entre la cadena y el piñón para que no haya peligro de obstrucción y tampoco desencajamiento de la cadena por demasiado espacio:

$$Wp = 28 [mm]$$

**6.3.2.5 Dimensionamiento de la carcasa del transportador.** El ancho se saca por la dimensión  $2X$  que es igual 20 cm y el alto mínimo se determina a partir de la suma del espacio ocupado por el piñón y la cadena, dejando un juego el alto resulta de 37 cm.

El calibre de la lámina que se recomienda para estos transportadores es de calibre 12 es decir de un grosor de 2,7 mm.

**6.3.2.6 Soportes para el retorno de la cadena del transportador.** Según las normas se recomienda ubicar cada soporte máximo a 10 pies de distancia que es igual a 3 m y analizando la longitud del redler se necesitan 6 soportes a la misma distancia para sostenerlo.

**6.3.2.7 Dimensionamiento de entradas y salidas.** En este caso se necesita sólo una entrada y una salida. Para la entrada del grano al transportador se hace una sección rectangular que recibe el producto de una rosca ubicada bajo los silos de almacenamiento, para evitar posibles desbordamientos de trigo se hace lo más amplia posible según lo permiten las dimensiones de la carcasa, de manera similar se prosigue con la salida del redler pero verificando el espacio vertical disponible que hay para hacer la conexión al otro tramo del transportador.

### 6.3.2.8 Tabla de especificaciones del transportador

Tabla 31. Características transportador

CARACTERÍSTICA	VALOR
Referencia cadena	RF10125-M
Distancia entre centros 1	17 [m]
Longitud total cadena 1	35 [m]
Numero de eslabones 1	280
Número de retornos 1	6
Distancia entre centros 2	7 [m]
Longitud total cadena 2	15 [m]
Número de eslabones 2	120
Número de retornos 2	2
Número dientes piñones	8
Diámetro primitivo piñón	326,63 [mm]

Para observar el dimensionamiento del transportador completo ver los planos constructivos en el ANEXO D.

## 7. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

### 7.1 ANÁLISIS CONCEPTUAL

El acondicionamiento del trigo consta de dos etapas antes de la molienda, una es la limpieza del trigo y la segunda consiste en la adición de agua y un reposo posterior para que este alcance una humedad adecuada que permita tener un alto grado de extracción de harina tanto en términos cualitativos como cuantitativos.

El principal objetivo de este proceso es facilitar la separación del endospermo y la cáscara. Esta separación se logra gracias a que el correcto contenido de humedad hace a la cáscara más maleable durante la molienda y al endospermo más crujiente.

Algunos autores explican que el agua al penetrar el grano, rompe o debilita los enlaces de proteína que son los responsables de la dureza de la cáscara del grano lo que permite que sucedan los fenómenos mencionados anteriormente. Además la penetración del agua al endospermo se puede acelerar con la presencia de calor gracias a que este fenómeno es esencialmente difusivo, pero se debe tener cuidado de no dañar el almidón, que ocurre a temperaturas cercanas a los 45°C. Tras agregar agua y calor al trigo el efecto que se produce es el siguiente: el grano se expande y aumenta su volumen, este disminuye después de un lapso de tiempo y causa una fisura en la camada externa del grano facilitando el desprendimiento de la cáscara.

Aunque la forma de absorción del agua no varía con el tipo de grano, si varía su velocidad de absorción. A temperatura ambiente, se recomienda para el trigo suave, con humidificación de 15 a 15,5% un tiempo de reposo de 6 horas y para el trigo duro, con un 16,5% de humidificación, 24 horas de reposo [6].

La humidificación además de ser indispensable para que se dé la separación entre el endospermo y la cáscara, favorece el cernido del producto, aproxima el comportamiento de trigos diferentes en el proceso de molienda gracias a la uniformidad de la humedad, reduce el consumo de energía y el calentamiento de los rodillos en el proceso de molienda y facilita la remoción de impurezas retenidas en la cáscara o el interior del grano.

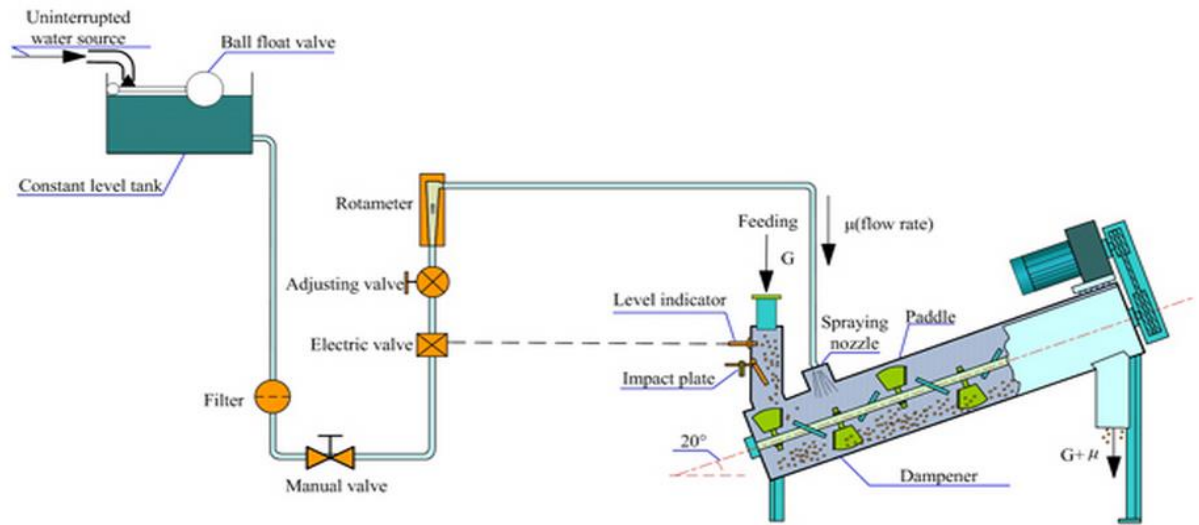
Es importante que el tiempo de reposo del trigo sea lo suficientemente largo para no perjudicar la extracción de harina pero sin permitir que se produzca la germinación de los granos.

A continuación se muestra la ecuación empleada para calcular la cantidad de agua que debe ser agregada al trigo, estas cantidades dependen de la humedad inicial del trigo y de la humedad relativa del ambiente **[7]**:

$$Vol[ml] = \left( \frac{100 - Humedad\ grano}{100 - Humedad\ deseada} - 1 \right) * Masa\ muestra$$

La adición del agua al trigo generalmente se hace por medio de una mojadora intensiva, en la siguiente figura se muestra el circuito y cada uno de los componentes que la conforman:

Figura 186. Mojadora Intensiva Trigo

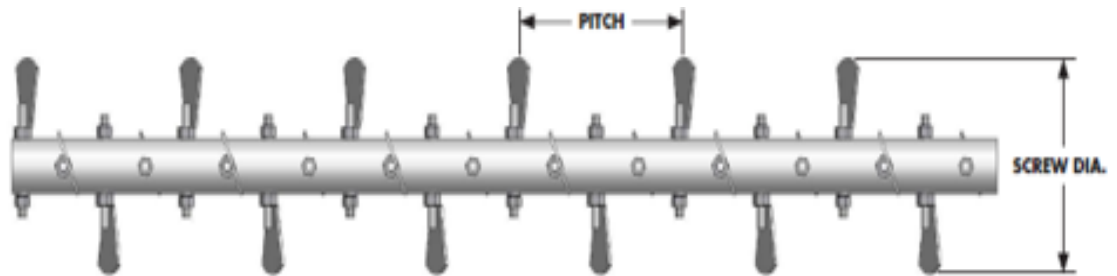


Fuente: HBA. Humidificador Intensivo [online]. Consultado [18/06/2015]. En: <http://flourmill-plant.es/1-2-1-intensive-dampener.html/113204>

El sistema inicia en un tanque de nivel constante donde se guarda el agua para agregar al trigo, de allí el agua pasa por un filtro para evitar la contaminación del agua con la que se va a humidificar el trigo, después se tiene una válvula manual, que se coloca para interrumpir el suministro de agua en caso de que haya algún problema con los dispositivos del sistema o para mantenimiento y se sigue su conexión hasta una válvula eléctrica ON-OFF que es accionada por el control de nivel que se encuentra al interior de la mojadora y una válvula de ajuste a la entrada que se encargan de regular la cantidad de agua suministrada al humidificador, luego va el rotámetro este se encarga de medir el caudal de agua que se debe dejar pasar a la mojadora para llevar el trigo hasta la humedad especificada, finalmente el agua se entrega con una boquilla de aspersion a la mezcladora. La mezcladora consiste en un transportador similar al de tornillo helicoidal pero a diferencia de este, utiliza unas paletas conocidas como tipo listón, que consisten en secciones circulares que se fijan por medio de tornillos al eje de la mezcladora y tienen la libertad de modificar sus ángulos de inclinación permitiendo varios grados de mezclado o de entrega del producto.

A continuación se muestran en detalle las paletas:

Figura 187. Paletas para mezclado



Fuente: CONVEYOR ENGINEERING AND MANUFACTURING. Screw Conveyor Components and Design, 2012. p.107

Este tipo de paletas ajustables proporcionan una acción de mezclado total y de flujo controlado del material. Pueden fijarse con soldadura al eje o unirse con tuercas y permitir el ajuste de estas para tener varios grados de mezclado.

## 7.2 SELECCIÓN DEL HUMIDIFICADOR

La selección del humidificador se hace a partir de la información que ofrecen los diferentes proveedores de maquinaria para molinería y de la experiencia del Jefe de Producción del Molino.

A continuación se muestran cada una de las ofertas que se analizaron en el mercado:

### 7.2.1 Rosca Mojado Intensivo BI Marca OMAS

Figura 188. Mojadora Intensiva OMAS



Fuente: OMAS. Rosca Mojado BI [online]. Consultado [18/06/2015]. Disponible En: <http://www.omas-srl.com/es/productos/limpieza/rosca-mojado-bi#>.

### 7.2.2 Humidificador BI MIX Marca Sangati Berga

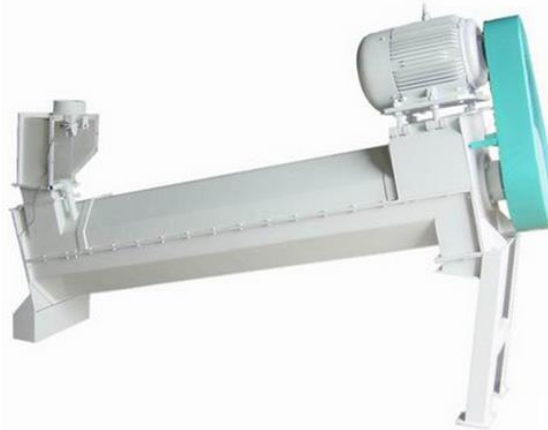
Figura 189. Humidificador Intensivo Sangati Berga



Fuente: SANGATI BERGA. Humidificador Intensivo BI MIX [online]. Consultado [18/06/2015]. Disponible En: <http://www.sangatiberga.com.br/es/productos/molinos/rociador-intensivo>.

### 7.2.3 Humidificador Intensivo HBA

Figura 190. Humidificador Intensivo HBA



Fuente: HBA. Humidificador Intensivo [online]. Disponible En: [http://flourmill-plant.es/add/big\\_img?gid=1965&yid=113204&id=12736&etw\\_path=http://flourmill-plant.es/1-2-1-intensive-dampener.html/113204](http://flourmill-plant.es/add/big_img?gid=1965&yid=113204&id=12736&etw_path=http://flourmill-plant.es/1-2-1-intensive-dampener.html/113204). [18/06/2015]

Estos tres modelos vienen para diferentes capacidades de transporte que varían entre 8 toneladas por hora hasta 22 toneladas por hora, y sirven para incorporar hasta un 6% de agua a los granos. Vienen construidas en acero inoxidable y con palas removibles y regulables lo que permite seleccionar una inclinación que transporte el trigo a una rata deseada y con la humedad especificada.

De las tres opciones que se presentaron, se analizaron las ventajas y desventajas de cada una, se evaluaron las paletas utilizadas, si traían una sección o dos secciones, el sistema de transmisión de potencia y el sistema para adicionar el agua.

A partir de esta información se decidió adquirir la mojadora que ofrecía Sangati-Berga, ya que esta mojadora presenta dos secciones, la primera está formada por las paletas mezcladoras convencionales que hacen una preparación previa a los granos y la segunda sección formada por unas paletas innovadoras que van dentro de una cámara de expansión, dentro de esta cámara hay dos tipos de batidores, uno se encarga de mover el trigo y el otro crea contraflujo obligando a que los granos tengan un mayor grado de penetración del agua, facilitando el acondicionamiento del trigo en un menor espacio y con un menor tiempo de reposo. Además se facilita su instalación en el molino porque no hay mucho espacio para hacer este mezclado y porque se tiene seguridad de su funcionamiento ya que este proveedor conoce de cerca el proyecto que se está adelantando.

## **8. PROTOCOLOS DE RECEPCIÓN Y PRIMEROS ARRANQUES DE LOS EQUIPOS DE LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO**

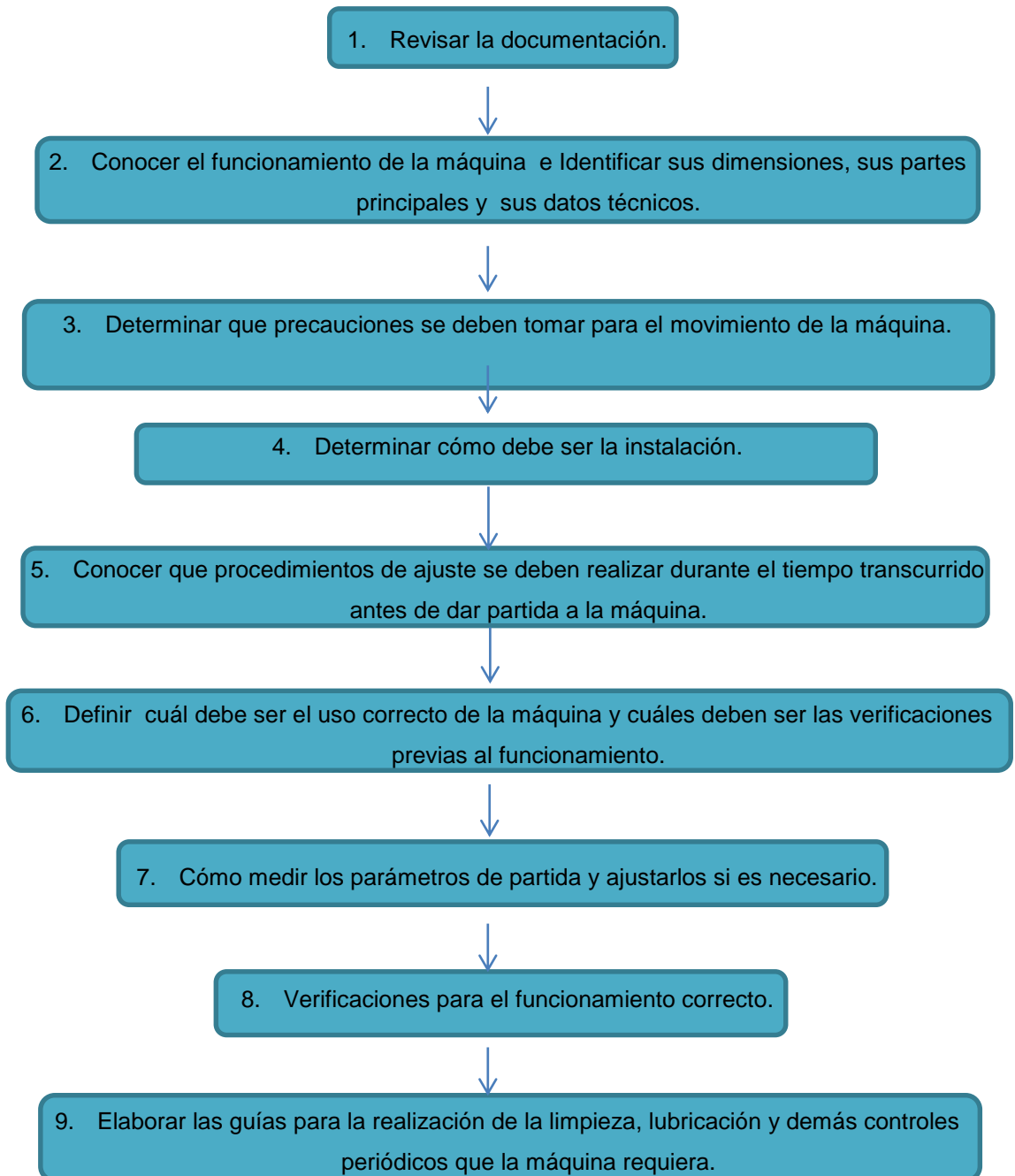
Antes de realizar el montaje de los equipos de cualquier empresa, se deben conocer las indicaciones necesarias para el transporte, la recepción y el manejo de la maquinaria, con el fin de garantizar la integridad de los equipos y por su puesto cumplir con las condiciones del fabricante para acceder a las garantías que este da. Las indicaciones dadas para la recepción de los equipos recopilan las condiciones necesarias que se deben cumplir a la hora de instalarlos en la planta para que no se maltraten sus componentes internos ni se generen ningún tipo de perjuicios a las partes de la máquina.

En el caso de la maquinaria comprada por Molinos San Miguel se debe tener en cuenta que son equipos importados desde Brasil que fueron traídos hasta Colombia a través del Puerto de Santa Marta , donde fueron almacenados en una bodega durante el tiempo que se culminaron las obras civiles para la construcción de las instalaciones de la empresa. Debido a este tiempo de almacenamiento en condiciones un poco desfavorables para los equipos se debe tener sumo cuidado con el manejo que se les dé para evitar fallos prematuros durante su funcionamiento.

Para realizar la puesta a punto de las máquinas se deben llevar a cabo una serie de actividades secuenciales que no pueden ser generalizadas debido a que cada máquina tiene características especiales que determinan que procedimientos se deben realizar antes de ponerla en funcionamiento.

Con el objetivo de seguir una metodología definida se puede tomar como guía el siguiente diagrama de flujo para la realización de los protocolos de recepción y ajustes para los primeros arranques de las máquinas:

Figura 191. Diagrama de flujo para la realización de los protocolos de recepción y ajustes para los primeros arranques de las máquinas



Cada uno de los pasos anteriormente mencionados presenta sus particularidades dependiendo que la máquina que se analice, a pesar de esto a continuación se dará una descripción generalizada de la documentación técnica suministrada para el ajuste y puesta en marcha de los equipos.

La documentación técnica suministrada por el fabricante de la máquina tiene como propósito suministrar la información necesaria sobre el procedimiento que se debe llevar a cabo para el ajuste y puesta a punto de los equipos , lo cual en algunos casos puede ser verificado a través de valores medibles.

Los tres objetivos principales de la documentación técnica que envía el fabricante son:

- Garantizar que sea implementado un mantenimiento correcto a los equipos suministrados.

- Suministrar a la parte técnica de la empresa, principalmente a los encargados del montaje, las herramientas concretas y claras para solucionar los pequeños problemas de funcionamiento.

- Proveer las instrucciones que indiquen la forma en que se deben llevar a cabo los ajustes y/o verificaciones previas al funcionamiento de la maquinaria.

Los protocolos de recepción y ajustes para los primeros arranques de las máquinas recogerán de manera general los siguientes aspectos:

### **Definiciones generales de seguridad:**

Se debe indicar al operario o a quien se encargue de realizar las tareas de ajuste y mantenimiento, las precauciones básicas que debe tener a la hora de entrar en contacto con cualquier equipo y además se deben aclarar si hay riesgos o cuidados especiales que se deben tomar con el equipo que actualmente se está interviniendo.

**Plano general de las máquinas:**

Debe tener la mayor claridad posible, no requiere que sea un plano a escala de la máquina ya que con una representación gráfica donde se vean los puntos de intervención y los elementos de trabajo más importante es suficiente para familiarizarse con el equipo.

**Lista y localización de las partes más importantes de las máquinas:**

En un listado se nombrarán las partes de mayor importancia de la máquina, que por su supuesto tienen una descripción de sus funciones en la sección donde se explica cómo es el funcionamiento del equipo.

**Manejo, Transporte e Instalación de las máquinas:**

Contiene todas las recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de mover la máquina, que procedimientos se deben realizar cuando está ha permanecido mucho tiempo sin ser utilizada, que características especiales para la alimentación eléctrica deben ser tenidas en cuenta, como debe ser posicionada la máquina, como debe ser su fijación en el área de trabajo, etc.

**Utilización**

Describe cual fue el propósito de diseño de la máquina de forma que se especifique que tipo de funciones puede realizar y además describe como es el funcionamiento de esta y que ajustes previos deben realizarse antes de ponerla en marcha.

**Rutinas de Mantenimiento y/o ajuste de las partes más importantes de las máquinas:**

Especifica las tareas de limpieza, lubricación, sustitución y ajuste que deben ser realizadas a las partes de mayor importancia de la máquina. Este tipo de tareas junto con las tareas de mantenimiento de la mecánica general de todas las partes

de la máquina, deben estar consignadas en el plan de mantenimiento que vaya a ser realizado por la empresa.

**Lista de piezas de reposición:**

En algunos casos en los que las máquinas tienen gran cantidad de partes es necesario tener un listado, suministrado por el fabricante, en el que se deben definir las piezas susceptibles a ser cambiadas a mediano plazo. Con este listado se pretende tener claridad a la hora de definir los repuestos que deben ser solicitados al fabricante de la máquina.

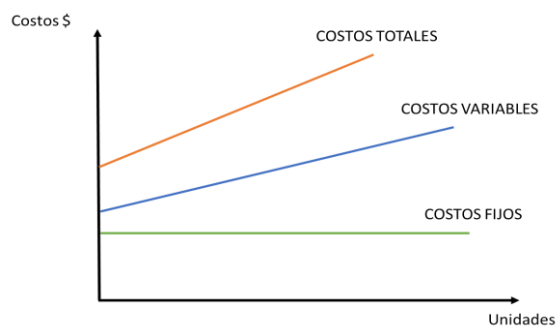
## 9. COSTOS

### 9.1 COSTOS DE UN PROYECTO

La persona responsable de un proyecto puede evaluar los costos que este implica desde dos puntos de vista que le son muy relevantes. El primer enfoque que se puede tomar es desde el comportamiento de los costos y el segundo enfoque se relaciona con la viabilidad financiera del proyecto.

Desde el enfoque del comportamiento de los costos se tienen tres tipos de costos: los fijos, los variables y los totales. Los costos fijos representan los costos que son independientes del volumen de unidades que se asignan para el cumplimiento de una tarea y/o a su duración, por ejemplo los costos de administración, arrendamientos, impuestos, servicios públicos, depreciación de propiedad planta y equipo y otros gastos financieros corresponden a costos fijos. Los costos variables son aquellos que se modifican con el nivel de uso de los recursos requeridos para el desarrollo de una tarea, por ejemplo el costo de los materiales utilizados para llevar a cabo una tarea particular, la contratación de mano de obra directo y otros costos indirectos de fabricación. Y finalmente los costos totales equivalen a la suma entre los costos fijos y los costos variables. **[8]**

Figura 192. Comportamiento de los costos



Desde el enfoque de alguien que decide sobre la viabilidad de un proyecto, se deben tener en cuenta los costos incrementales versus los costos muertos y los costos de oportunidad versus los costos históricos o contables.

Los costos incrementales, son aquellos que se modifican dependiendo de una decisión que se toma y los muertos son aquellos que son independientes de una decisión. Los costos de oportunidad, están vinculados directamente con el concepto del valor de oportunidad de un bien o activo, en términos financieros es igual al valor presente neto del día de hoy de los ingresos y egresos esperados de dicho activo. Y los costos históricos son los valores que aparecen en los libros contables, que equivale al valor de adquisición de un activo menos la depreciación contable acumulada. [8]

## **9.2 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL MONTAJE MECÁNICO DE LA PLANTA DE MOLINOS SAN MIGUEL.**

Para este proyecto se decidió hacer un pequeño análisis de los costos desde el enfoque del comportamiento de estos, que tiene en cuenta los costos fijos y variables. A continuación se muestran y se especifican cada uno de los costos fijos y los costos variables que la empresa ha tenido que acarrear para llevar a cabo el montaje de los circuitos de limpieza y acondicionamiento:

Tabla 32. Especificación de los costos del montaje del Molino

<b>COSTOS FIJOS</b>
Nómina de administración
Servicios Públicos
<b>COSTOS VARIABLES</b>
Adquisición maquinaria Sangati Berga
Adquisición maquinaria nacional
Préstamo de herramientas y maquinaria, transporte
Mano de obra montaje maquinaria
Materiales empleados en el montaje de la maquinaria

El montaje de este nuevo Molino se inició desde el año 2012 con la adquisición del terreno y el inicio de las excavaciones que preparan el terreno para poder construir los silos de almacenamiento, el edificio de producción y el edificio administrativo. La información que se presenta a continuación está relacionada solamente con los costos hasta la fecha para la realización del montaje de la parte mecánica que necesita el molino, no se tuvieron en cuenta los costos de diseño y construcción de las estructuras civiles y de los silos de almacenamiento.

Como se puede observar en la siguiente tabla los costos más representativos son los costos variables, esto dificulta una planeación previa del presupuesto lo que significa que finalmente el control de gastos lo va a determinar en cierto modo la capacidad financiera de la empresa. También cabe resaltar que no se han tenido en cuenta otros factores como la depreciación económica de la propiedad en planta y equipo.

Tabla 33. Costos Montaje Mecánico

<b>COSTOS FIJOS [Mensuales]</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR [COP]</b>
Nómina de administración [3 años]	10.000.000,00
Servicios Públicos [3 años]	7.000.000,00
Bodegaje maquinaria en la zona franca [1,5 años]	8.000.000,00
<b>TOTAL MENSUAL</b>	25.000.000,00
<b>TOTAL ACTUAL</b>	756.000.000,00
<b>COSTOS VARIABLES [Totales hasta la fecha]</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR [COP]</b>
Adquisición maquinaria Sangati Berga	2.253.825.400,00
Adquisición maquinaria nacional	80.000.000,00
Préstamo de herramientas y maquinaria, transporte	14.000.000,00
Mano de obra montaje maquinaria	59.508.442,00
Materiales empleados en el montaje de la maquinaria	6.000.000,00
<b>TOTAL</b>	2.413.333.842,00
<b>COSTOS TOTALES</b>	3.169.333.842,00

## 10. CONCLUSIONES

Para el transporte de productos a granel existe una amplia variedad de opciones que se ajustan de manera efectiva a cada una de las necesidades particulares de transporte. Los elevadores de cangilones, los transportadores de tornillo y los transportadores de arrastre, sirven para mover los diferentes productos en forma horizontal o vertical y, dependiendo de las condiciones deseadas (limpieza, espacio disponible, ambiente de trabajo, consumo de potencia) unos se adaptan mejor que los otros.

Los elevadores de cangilones con banda son los transportadores que menos potencia por distancia transportada consumen. Este sistema de transporte es el más sencillo en comparación con los otros dos sistemas mencionados anteriormente, pero se debe tener cuidado en el arranque inicial con la alineación de la banda y de las poleas.

Los transportadores de tornillo helicoidal son los sistemas más estandarizados en el mercado para el transporte a granel. El proceso de dimensionamiento es muy completo pues se tiene en cuenta cada una de las partes que conforman el tornillo, y además se contabiliza en cada cálculo la influencia de la inercia, el tamaño, la forma y la configuración del tornillo.

Los transportadores de cadena son los más robustos de los tres y son ideales para el trabajo en ambientes altamente abrasivos, su uso es recomendable para el movimiento horizontal o con ligeras inclinaciones. Su movimiento lo realizan a muy bajas revoluciones y necesitan muy poco mantenimiento.

Con base a técnicas de calderería, se parametrizó el desarrollo de las tolvas proporcionando un mejor trazado que el obtenido por los métodos convencionales y además se redujo el tiempo de elaboración.

El montaje de una nueva planta es un proyecto muy complejo para cualquier empresa, esto implica que se lleve a cabo un proceso de planeación que incluya desde la llegada de la maquinaria a la empresa hasta el montaje de la última máquina del proceso. Esta planeación se debe basar en la información recopilada a partir de la experiencia de personas que hayan estado a cargo de proyectos de este tipo, de personas que conozcan la maquinaria, la edificación y la información suministrada por los proveedores de la maquinaria. En esta fase también se deben determinar cómo se van a llevar a cabo los procesos de verificación y control, para evaluar los avances y generar posibles correcciones.

Para cualquier empresa es muy importante tener los protocolos de primeros arranques de cada una de sus máquinas, ya que esto ayuda a conocer cómo está conformada la máquina, cómo funciona, qué necesita para que arranque y cómo se debe activar, facilita el diseño de sus planes de mantenimiento y de estrategias de reacción frente a alguna falla. Además se convierte en la principal guía para la prevención y el control de riesgos tanto para la máquina como para las personas que la operan.

La distribución de los equipos de una empresa productora de harina de trigo está bastante condicionada por el proceso que se debe llevar a cabo para la transformación del trigo en harina. En este tipo de industrias la distribución normalmente se hace por producto, caracterizándose por agrupar los equipos en secciones distribuidas verticalmente desde el quinto nivel de la edificación hasta el primero, estas secciones tienen una secuencia lineal que hace que una parada en algún punto de ellas pueda afectar el procesamiento global del producto, sin embargo para evitar detener la totalidad de los equipos se han implementado

depósitos de almacenamiento provisionales estratégicamente ubicados para este tipo de situaciones. Las ventajas de la distribución adoptada por la planta de Molinos San Miguel son principalmente las siguientes: mejor distribución del espacio gracias a su agrupación por secciones verticales, mejor coordinación de la producción debido a la agrupación de los equipos de manera sencilla y mejor adaptación de los equipos de transporte al interior de esta.

A pesar de que la determinación de los tiempos requeridos para el traslado y posicionamiento de los equipos de una planta sea difícil de definir, es necesario estimar el tiempo aproximado que se requerirá para el desarrollo de estas actividades, teniendo en cuenta todas las perturbaciones y factores externos que pueden modificar lo planeado pero sin exceder los límites necesarios para que las actividades se lleven a cabo en un tiempo óptimo. La importancia de una buena estimación del tiempo se ve reflejada en una disminución de los recursos, materiales, mano de obra y equipos necesarios para la realización de cada una de las tareas, lo cual inevitablemente se verá reflejado en los costos, además también da una mayor confiabilidad al permitir realizar una mejor administración y evaluación de los métodos y procedimientos que se están realizando.

## CITAS

**[1]** Molienda del Trigo [En línea]. Cuento mi Libro. Argentina. [Consultado 25 Abril 2015]. Disponible en: <http://www.cuentomilibro.com.ar/Granos/MOLIENDA-TRIGO.pdf>.

**[2]** RUIZ FUENTES, Ana Beatriz. Implementación de Controles de Calidad para Materia Prima, Producto en Proceso y Producto en Empaque, en una Industria Harinera. Trabajo de Graduación para optar el título de Ingeniera Química. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. 2007. p. 47.

**[3]** PINTO, Carlos Humberto y DURÁN, Hernán. Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales. Trabajo de grado Ingeniero de diseño y automatización electrónica. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Ingeniería de diseño y automatización electrónica, 2006. P. 65-76.

**[4]** DÍAZ, Emilio. Tratado de trazados y desarrollos de Calderería [En línea]. Alfaomega, 2010. ISBN: 9788426715579. p 105-157.

**[5]** INTERMEC. Piñones y Cadenas [En línea]. Intermec: 6ta Edición. [Consultado 24 Mayo 2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) .130 p.

**[6]** NUNES RIBEIRO, Marinês. Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha. Universidade Federal Do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduacao em Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2009. Disponible online En: <http://www.ppgcta.ufc.br/marines.pdf>. p. 20.

**[7]** BRAGA DE CARVALHO, Priscila. Controle de Qualidade da Farinha de Trigo. [Online]. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Campus Campo Mourão Curso Superior Em Tecnologia Em Alimentos. [Campo Mourão: Brasil] Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, 2012. [Consultado 22 Junio 2015] Disponible En Internet: [http://www.gerec.ct.utfpr.edu.br/estagioemprego/relatoriofinal/1077384\\_294.pdf](http://www.gerec.ct.utfpr.edu.br/estagioemprego/relatoriofinal/1077384_294.pdf). p.8.

**[8]** TORO LÓPEZ, Francisco J. Gestión de Proyectos con enfoque PMI al usar Project y Excel. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2011. p. 4-18.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, Joffre y WIESNER, Vicente. Diseño de un elevador de cangilones para un sistema de recirculación de arena de moldeo con capacidad de 50 ton/ día. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. p.99.

BRAGA DE CARVALHO, Priscila. Controle de Qualidade da Farinha de Trigo. [Online]. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Campus Campo Mourão Curso Superior Em Tecnologia Em Alimentos. [Campo Mourão: Brasil] Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, 2012. [Consultado 22 Junio 2015] Disponible En Internet:

[http://www.gerec.ct.utfpr.edu.br/estagioemprego/relatoriofinal/1077384\\_294.pdf](http://www.gerec.ct.utfpr.edu.br/estagioemprego/relatoriofinal/1077384_294.pdf). p.8.

DÍAZ, Emilio. Tratado de trazados y desarrollos de Calderería [En línea]. Alfaomega, 2010. ISBN: 9788426715579. p 105-157.

DOS SANTOS, Cecília. Elevadores de canecas: estudo da arte e projeto de dimensionamento. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Uberlandia: Universidad Federal de Uberlandia. Facultad de ingeniería Química, 2010. p. 27.

FAYED, Muhammad y SKOCIR, Thomas. Mechanical conveyors: Selection and operation. Chapter 4: Screw conveyors and feeders [online]. Pennsylvania, USA: TECHNOMIC, 1997. ISBN No 1-56676-416-5. p. 167-190.

GREGG, Bill y BILLUPS, Gary. Seed Conditioning [Online]. Chapter 10. Elevators. Science Publishers 2010. CRCnetBASE. ISBN: 978-1-4398-4508-0. P. 116-148.

INTERMEC. Piñones y Cadenas [En línea]. Intermec: 6ta Edición. [Consultado 24 Mayo 2015]. Disponible En: [http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual\\_pinones\\_intermec.pdf](http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manual_pinones_intermec.pdf) .130 p.

MARTIN SPROCKET. Manejo de Materiales, 2015. [Consultado 08 Junio 2015] Disponible en: <http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-bucket-elevator/bucket-elevator-catalog.pdf?sfvrsn=16>. p.176.

Molienda del Trigo [En línea]. Cuento mi Libro. Argentina. [Consultado 25 Abril 2015]. Disponible en: <http://www.cuentomilibro.com.ar/Granos/MOLIENDA-TRIGO.pdf>.

NUNES RIBEIRO, Marinês. Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha. Universidade Federal Do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Tecnología de Alimentos. Programa de Pós-Graduacao em Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2009. Disponible online En: <http://www.ppgcta.ufc.br/marines.pdf>. p. 20.

PINTO, Carlos Humberto y DURÁN, Hernán. Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales. Trabajo de grado Ingeniero de diseño y automatización electrónica. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Ingeniería de diseño y automatización electrónica, 2006. P. 65-76.

RUIZ FUENTES, Ana Beatriz. Implementación de Controles de Calidad para Materia Prima, Producto en Proceso y Producto en Empaque, en una Industria Harinera. Trabajo de Graduación para optar el título de Ingeniera Química. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. 2007. p. 47.

TORO LÓPEZ, Francisco J. Gestión de Proyectos con enfoque PMI al usar Project y Excel. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2011. p. 4-18.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Elevadores de cangilones [Diapositivas]. Madrid. 9 diapositivas.

# **ANEXO A**

## **GESTIÓN DE PROYECTOS**

## **GESTIÓN DE PROYECTOS**

### **FUNDAMENTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

Según el PMI un proyecto debe cumplir con las siguientes tres características:

1. Es temporal, es decir tiene un inicio y un final. Y se evidencia claramente cuando las personas que estaban haciendo parte de este son trasladadas a otros cargos y actividades.
2. Tiene un objetivo que está muy bien definido, lo que permite tener unas medidas claras para su evaluación. A medida que se avanza en el desarrollo del proyecto intervienen diferentes equipos de trabajo con el fin de crear un producto único.
3. Es progresivo, es decir que se va llevando a cabo por etapas con el fin de tener un control sobre los efectos económicos, sociales y ambientales que pueda generar el desarrollo del mismo.

También el PMI considera importante estudiar las relaciones que existen entre el tiempo, el costo y los alcances del proyecto, ya que de manera indirecta afectan la calidad del producto que se obtiene. Estos factores se ven complementados por otros que pueden generar algunos cambios inesperados, un ejemplo de esto son los riesgos o la satisfacción del cliente.

### **FASES DE UN PROYECTO**

Un proyecto para ser desarrollado necesita ser observado desde un punto de vista general, esto se puede realizar por medio de un desglose bastante amplio de las fases por las que es necesario que pase para poder cumplir con el objetivo final.

Esto es indispensable para una planeación exitosa, ya que, estos requieren de la asignación de tareas específicas y del desarrollo de mecanismos contundentes a la hora de evaluar y controlar las actividades que se están llevando a cabo.

Generalmente los proyectos pasan por las siguientes fases, en cada caso se pueden adaptar más específicamente al proyecto en particular:

1. Apertura: En esta fase se definen los objetivos y se crea un plan básico para el proyecto.
2. Desarrollo: Como su nombre lo indica en esta fase se llevan a cabo las diferentes actividades programadas al mismo tiempo que se van supervisando.
3. Cierre: En esta fase se evalúan los resultados obtenidos.

## **DEFINICIÓN Y CREACIÓN DEL PLAN BÁSICO**

Esta es la actividad más importante de la planeación pues el desarrollo y el cierre del proyecto se pueden trabajar a partir de este plan. Es recomendable contar con el apoyo de personas con la experiencia y el conocimiento en la dirección de proyectos porque ellos saben identificar las tareas y los grupos de tareas que conforman el plan.

Después de tener claros los objetivos se pueden definir los siguientes factores:

1. El periodo de tiempo deseado o posible para el desarrollo del proyecto.
2. La lista de tareas que se deben llevar a cabo y el orden en que se deben realizar.
3. Separar las tareas por fases y definir su interdependencia.

4. Programar el tiempo necesario para cada una de las tareas y tener en cuenta las interrelaciones entre las tareas.
5. Identificar los recursos para poder llevar a cabo cada tarea.
6. Estimar los costos.
7. Definir las metas intermedias significativas del proyecto.

## **DESARROLLO Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO**

A lo largo de esta fase se supervisa y controla el avance del proyecto, esto se hace por medio del registro de los cambios que se han dado con respecto al plan original y del análisis de las variaciones en la ejecución de las tareas. De esta manera se pueden tomar las medidas necesarias para la consecución de los objetivos.

Durante esta fase se deben llevar registros periódicos de los resultados parciales que se van obteniendo, de tal forma que todas las partes involucradas en el desarrollo del proyecto, puedan observar y analizar el avance y el alcance de las tareas que se han realizado hasta ese instante, estos registros se convierten en la mejor forma de supervisión de un proyecto.

## **CIERRE Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

Este paso conlleva a terminar con todas las tareas de un proyecto y a evaluar los logros y resultados financieros, operativos, ambientales y sociales, teniendo en cuenta los alcances y que se hayan cumplido los estándares de calidad acordados para su desarrollo.

Para que el cierre del proyecto sea todo un éxito no se debe dejar de lado la comunicación tanto interna como externa entre los responsables y los ejecutores

del proyecto, esto implica que desde el comienzo se definan los mecanismos de comunicación en todos los sentidos.

**TORO LÓPEZ, Francisco J. Gestión de Proyectos con enfoque PMI al usar Project y Excel. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2011. p. 4-18.**

# **ANEXO B**

## **MAQUINARIA POR PISO**

## LISTA DE EQUIPOS POR PISO

	NOMBRE DEL EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
P I S O  1	<a href="#">DISGREGADOR</a>	SD/71	4	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">DISGREGADOR CENTRIFUGO</a>	SP/68	3	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">MILLIBRAN</a>	MB/11	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">FONDOS VIBRANTES</a>	ESF/150	5	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">MOLINO DE MARTILLOS</a>	MS60/19	1	NUEVO	BODEGA
	TUBERÍA NEUMÁTICA	NA	NA	NUEVO	BODEGA
	ACRÍLICOS	NA	NA	NUEVO	BODEGA
	EMPACADORA	BES 1-Cc-BA-50	1	NUEVO	BODEGA
	SOPLANTE DE 37 KW	NA	1	NUEVO	BODEGA
	SOPLANTE DE 11 KW	NA	1	NUEVO	BODEGA
	ESCLUSAS	NA	4	NUEVO	BODEGA
	MOTORES	NA	NA	NUEVO	BODEGA

	NOMBRE DEL EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
P I S O  2	TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO	NA	NA	NUEVO	MOLINO 1ER PISO
	<a href="#">BANCO DE CILINDROS CUADRUPLIO</a>	PRIME 125/25-8RM	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">BANCO DE CILINDROS</a>	PRIME 125/25-4RM	3	NUEVO	BODEGA
	<b>DESPUNTADORA</b>	<b>NA</b>	<b>1</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>TALLER ING JAIRO</b>
	<b>CANAL DE AIRE</b>	<b>NA</b>	<b>1</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>TALLER ING JAIRO</b>
	<b>BANCO DE CILINDROS OCRIM</b>	<b>LAM CS 100/25</b>	<b>1</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>TALLER ING JAIRO</b>

	NOMBRE DEL EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
P I S O  3	<a href="#">BALANZA DE FLUJO</a>	POND 012-50-B1	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">TURBO CEPILLADORA</a>	STSc 40-80	3	NUEVO	BODEGA
	<b>SASOR</b>	<b>NA</b>	<b>2</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>TALLER ING JAIRO/BUCARAMANGA</b>
	MICROFILTRO	FPG 16	1	NUEVO	BODEGA
	<b>DESCHINADORA</b>	<b>NA</b>	<b>1</b>	<b>EXISTENTE</b>	<b>TALLER ING JAIRO</b>
	VENTILADOR DESCHINADORA	TCL	1	NUEVO	BODEGA
	VALVULA	VAS 250	1	NUEVO	BODEGA

	NOMBRE DEL EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
P I S O  4	<a href="#">PLANSICHTER</a>	FORTRESS 8/26	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">TURBOTAMIZ VERTICAL</a>	STsf 40/80	2	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">VIBROSEPARADOR</a>	VS 100/150	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">SEPARADOR AERODINÁMICO</a>	SAP 100	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">VENTILADOR 37 KW</a>	NA	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">APARATO MAGNÉTICO TUBULAR (IMÁN)</a>	AMT/150	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">ESTERILIZADOR PULVERSAN</a>	SPD 71/30	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">TURBOTAMIZ HORIZONTAL</a>	TRF 40/100	1	NUEVO	BODEGA

	NOMBRE DEL EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
P I S O 5	FLAUTA	NA	-	NUEVO	BODEGA
	CICLONES	NA	-	NUEVO	BODEGA
	MESAS	NA	-	NUEVO	BODEGA
	ESCLUSAS	NA	-	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">FILTRO NEUMÁTICO</a>	JET 47/12/250	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">PULIDORA HORIZONTAL</a>	PO 35/135	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">CICLONETE PULIDORA</a>	NA	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">MICROFILTRO</a>	FPG 5	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">MICROFILTRO</a>	FPG 8	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">APARATO MAGNÉTICO TUBULAR (IMÁN)</a>	AMT/150	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">VENTILADOR</a>	TCL	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">SEPARADOR AERODINÁMICO</a>	SAP 80	1	NUEVO	BODEGA
	<a href="#">VÁLVULA</a>	VAS 350	1	NUEVO	BODEGA
<a href="#">VÁLVULA DE DESVÍO</a>	ROTODIV	4	NUEVO	BODEGA	

# **ANEXO C**

## **EVIDENCIA FOTOGRÁFICA**

## EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

### 1. UBICACIÓN DE LA MAQUINARIA EN LA BODEGA DE LA ZONA FRANCA





## 2. ESTADO DE LA EDIFICACIÓN ANTES DEL TRASLADO DE LAS MÁQUINAS





### 3. MOVIMIENTO DE LAS MÁQUINAS DE LA BODEGA AL EDIFICIO

















4. MONTAJE REDLER





**5. ELEVADOR DE CANGILONES**



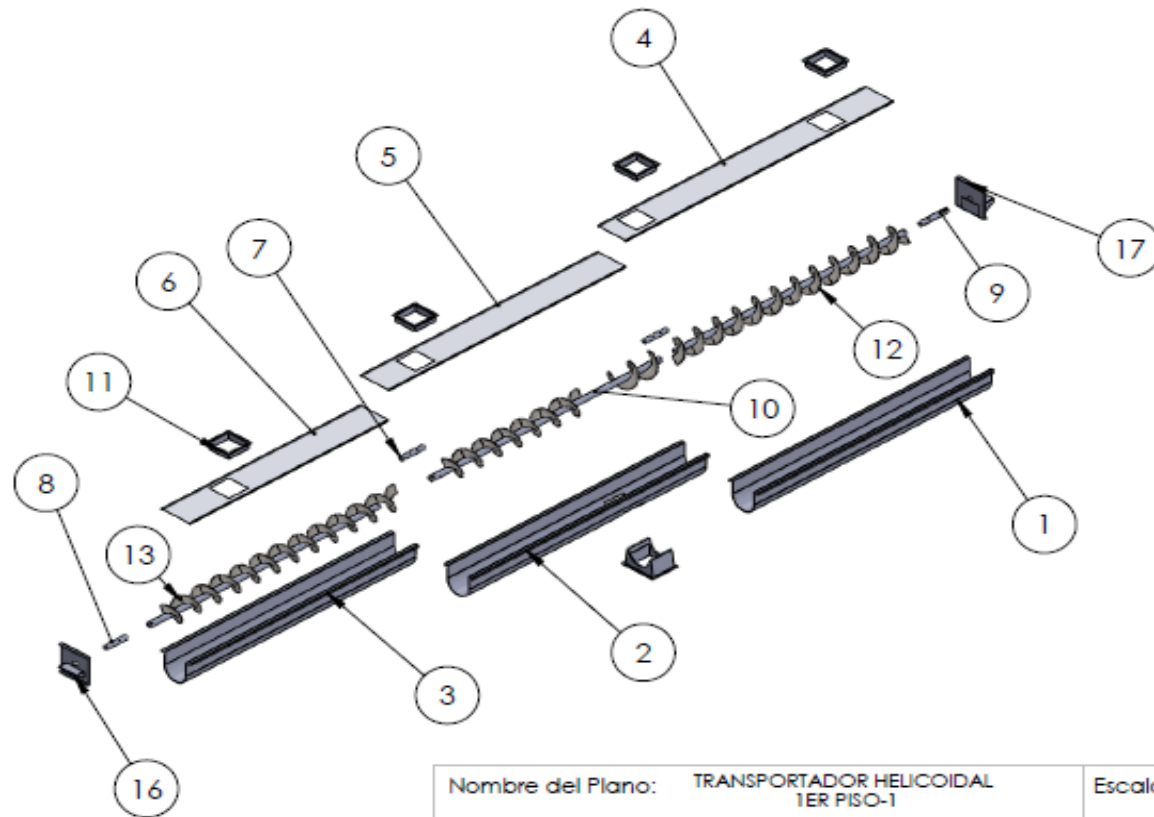
6. TRANSPORTADORES HELICOIDALES





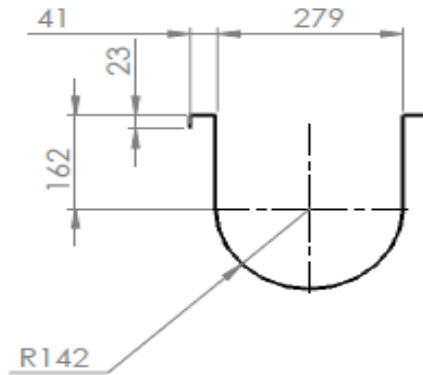
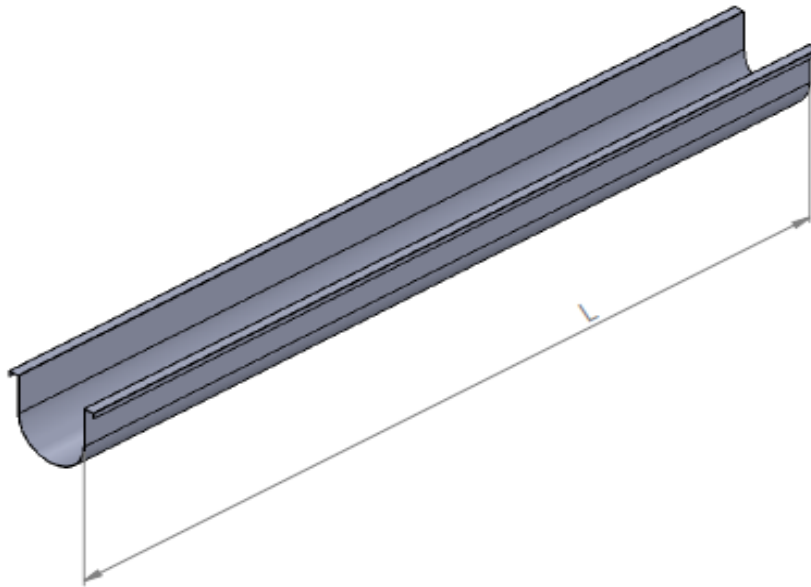
# **ANEXO D**

## **PLANOS SISTEMAS DE TRANSPORTE Y TOLVAS**



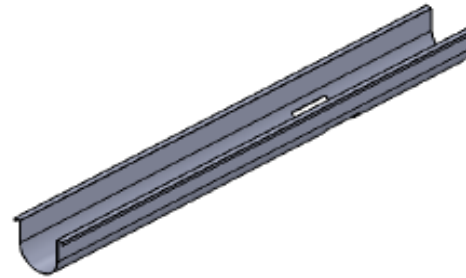
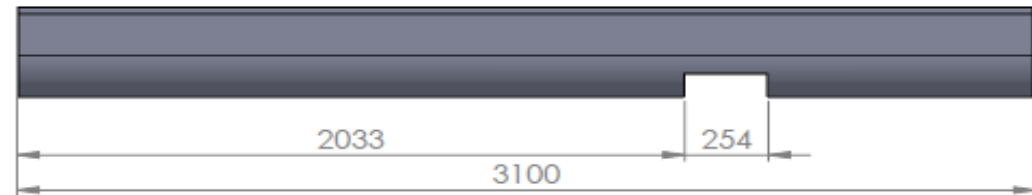
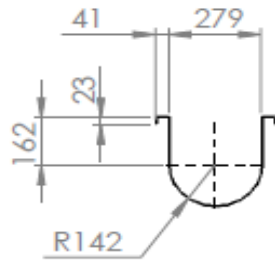
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1ER PISO	
DESCRIPCIÓN	ITÉM
Artesa-1	1
Artesa-2	2
Artesa-3	3
Cubierta-1	4
Cubierta-2	5
Cubierta-3	6
Eje Acoplamiento	7
Eje Conducido	8
Eje Motriz	9
Eje del Helicoidal	10
Entrada	11
Hélice Derecha	12
Hélice Izquierda	13
Salida	14
Soporte	15
Tapa Eje Conducido	16
Tapa Eje Motriz	17

Nombre del Plano:	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1ER PISO-1	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO	<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Siembra!</i>		

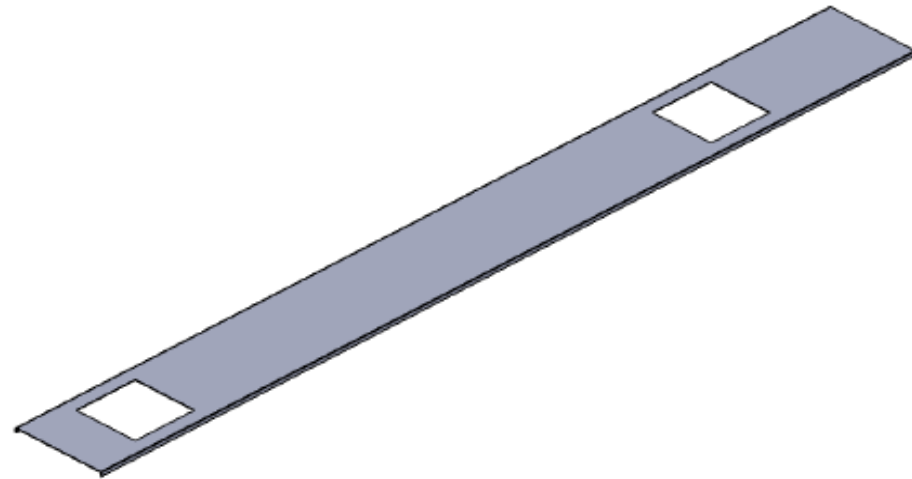
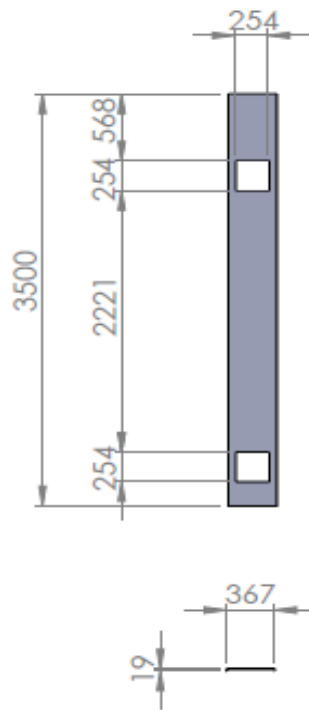


ARTESAS TRANSPORTADOR 1ER PISO	
DESCRIPCIÓN	VALOR
LONGITUD ARTESA 1	3100 mm
LONGITUD ARTESA 3	3000 mm
ESPESOR	12 ga

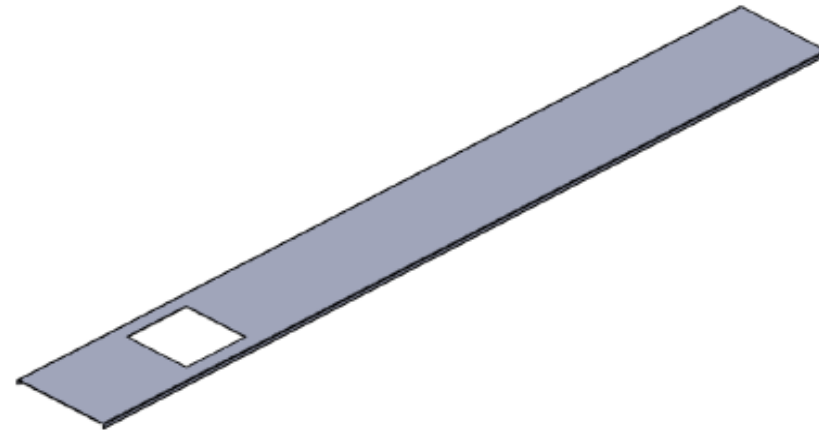
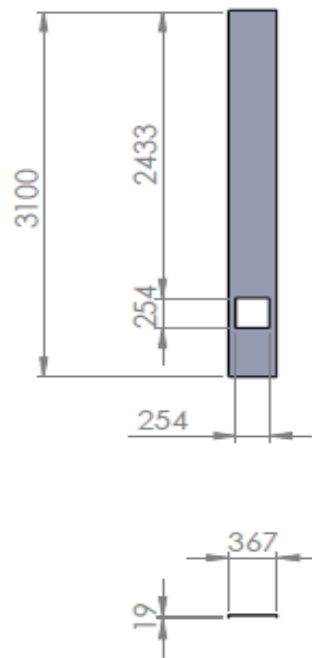
Nombre del Plano: ARTESA TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala: 1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO			



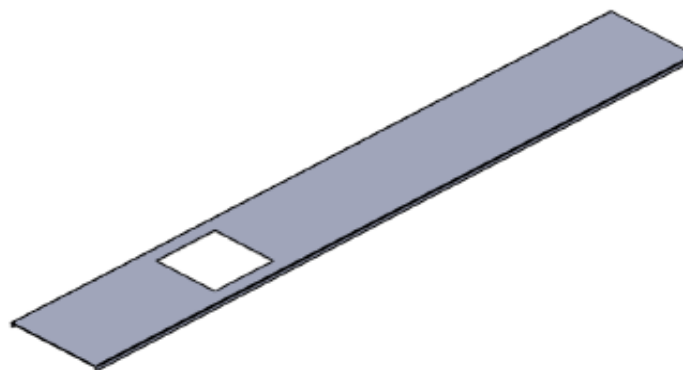
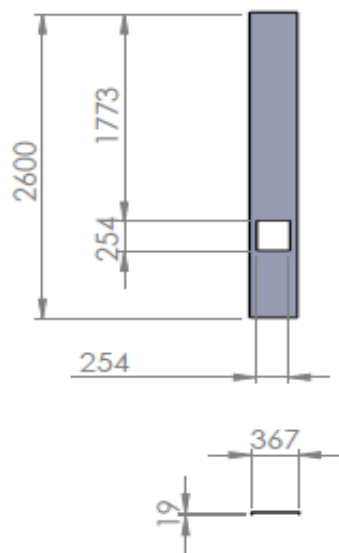
Nombre del Plano:	ARTESA 3 TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO	 		Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Tradición!</i>			



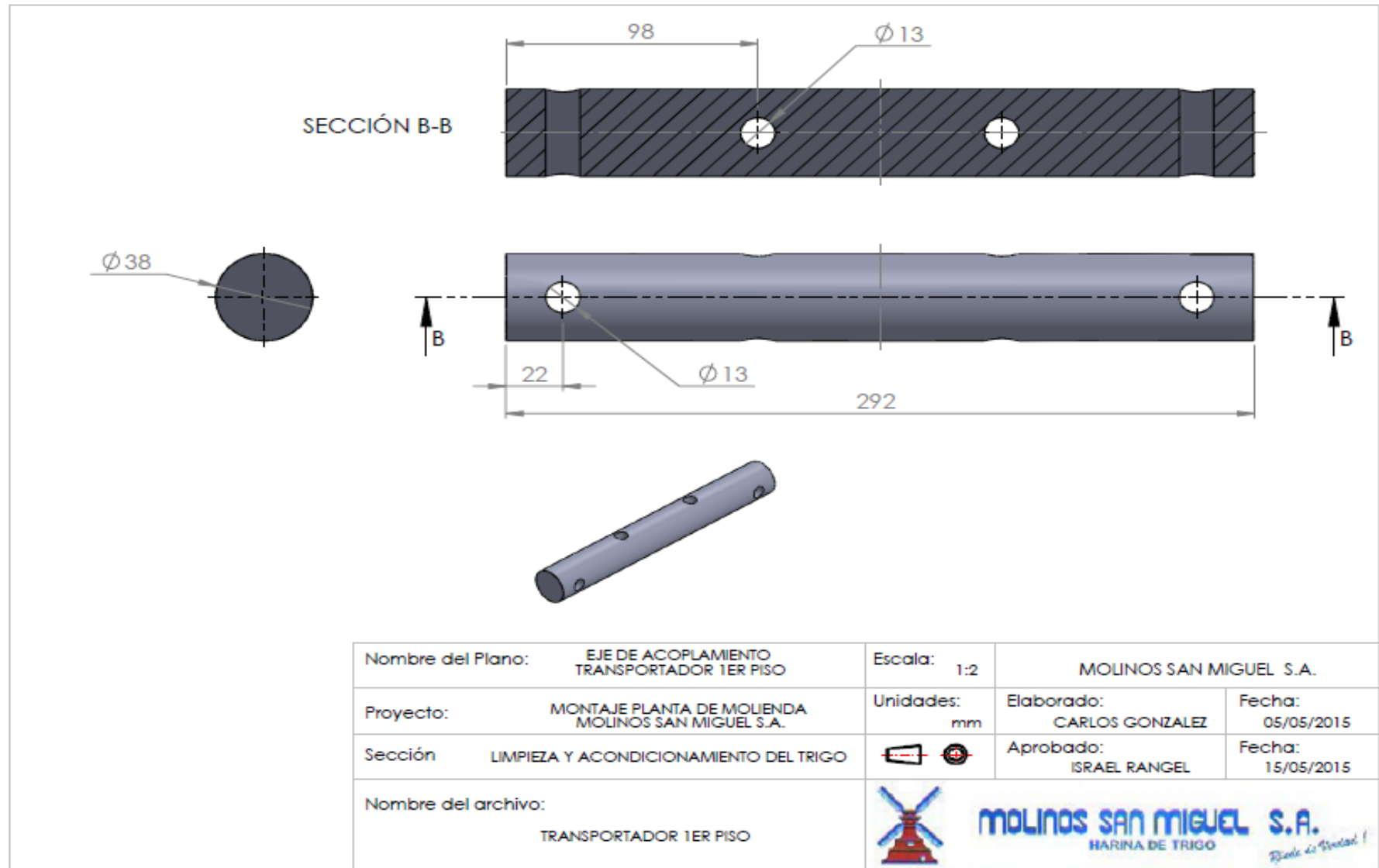
Nombre del Plano:	CUBIERTA TRANSPORTADOR 1ER PISO-1	Escala:	1:50	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO	<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla</i>			
				Fecha:	05/05/2015
				Fecha:	15/05/2015

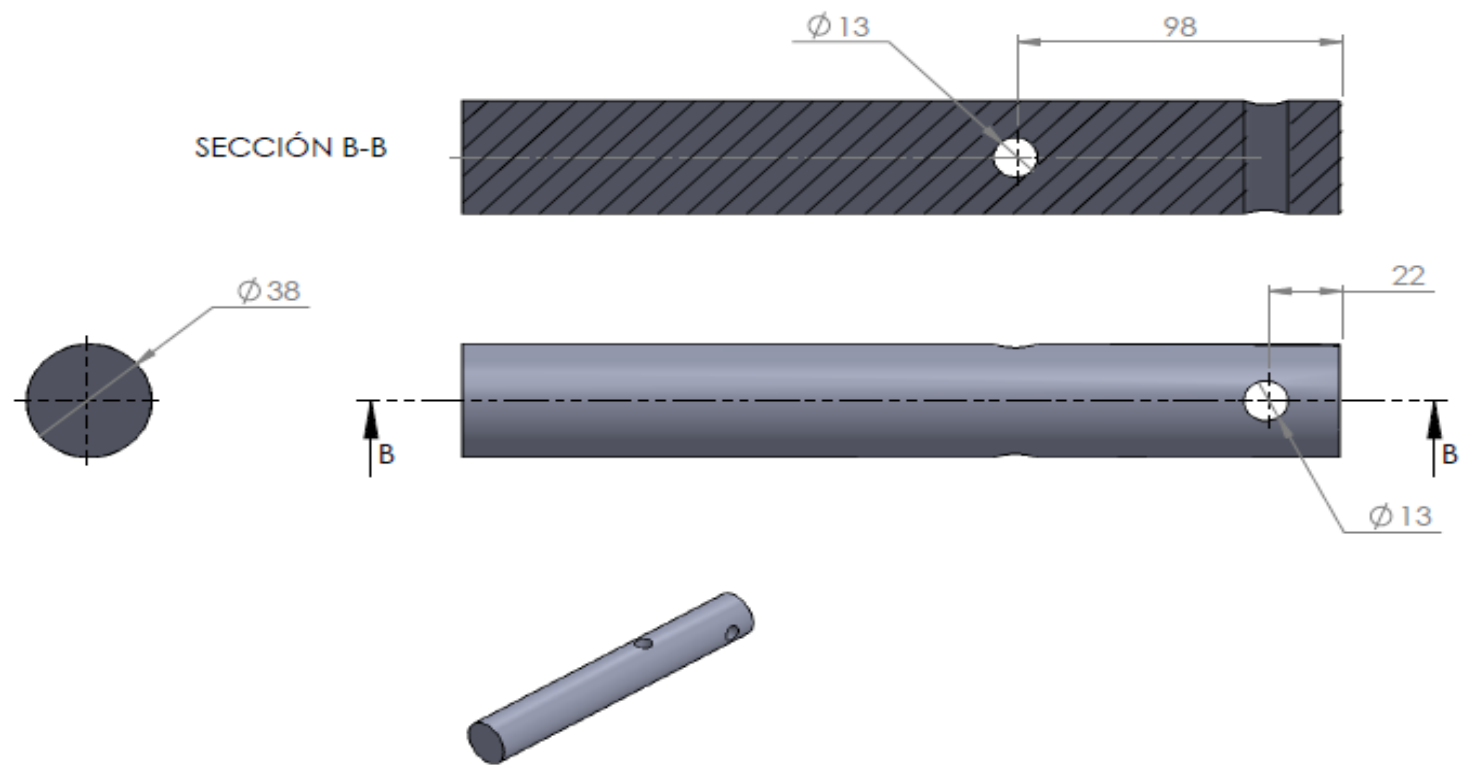


Nombre del Plano: CUBIERTA TRANSPORTADOR 1ER PISO-2	Escala: 1:50	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla</i>		



Nombre del Plano: CUBIERTA TRANSPORTADOR 1ER PISO-3	Escala: 1:50	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO			



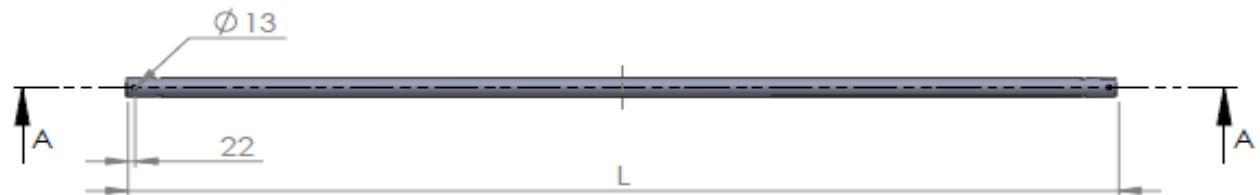
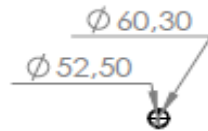


Nombre del Plano:	EJE CONDUcido TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1:2	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			CARLOS GONZALEZ	05/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO	Aprobado:		ISRAEL RANGEL	Fecha:
			MOLINOS SAN MIGUEL S.A. HARINA DE TRIGO <i>Desde la Troncal!</i>		

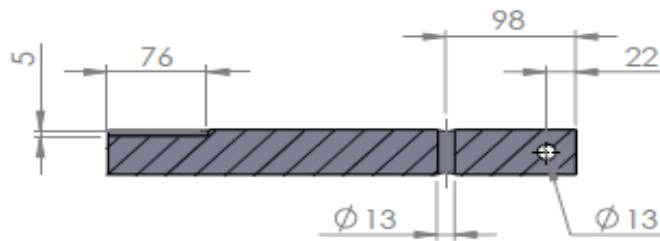
TUBO EJE CENTRAL	
CANTIDAD	3
CÉDULA	40
DIAMETRO INTERNO	2.067 in
DIAMETRO EXTERNO	2.375 in
L	3 m



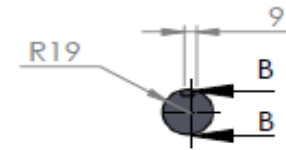
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 20



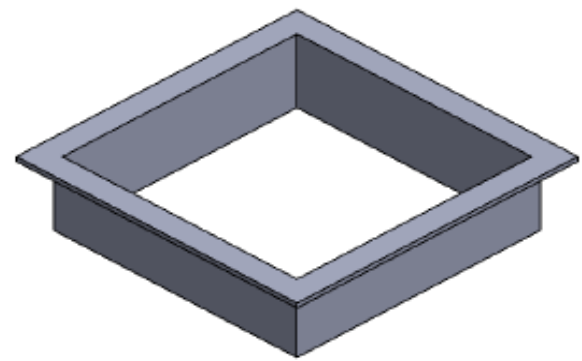
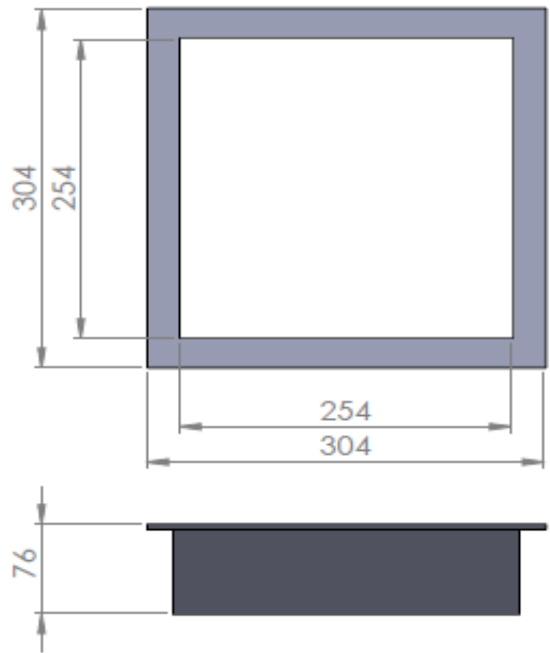
Nombre del Plano: EJE DEL HELICOIDAL 1ER PISO	Escala: 1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO			



SECCIÓN B-B

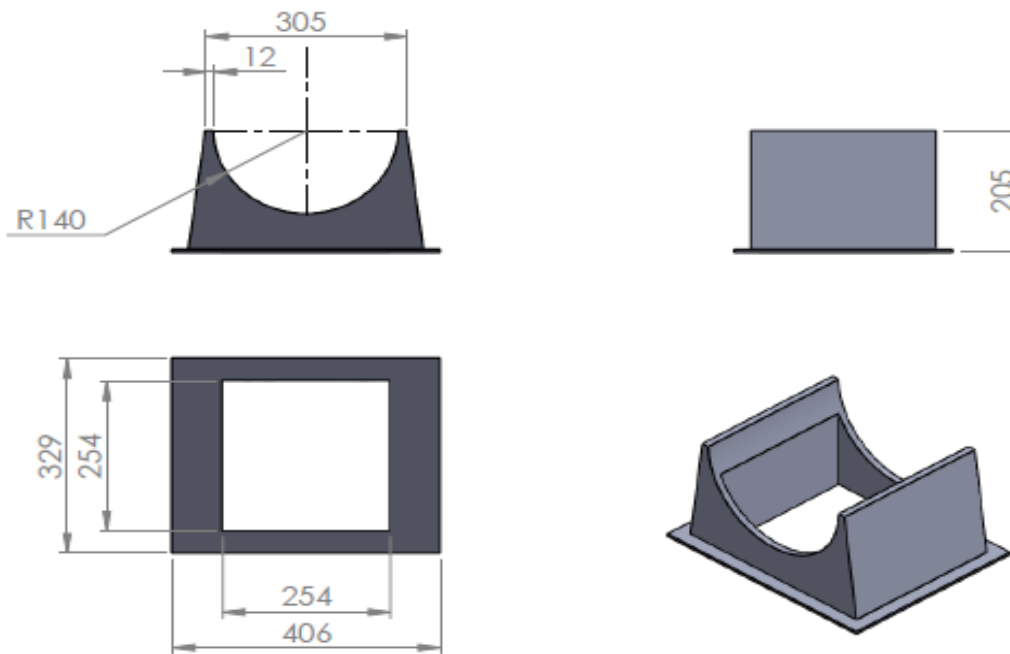


Nombre del Plano: EJE MOTRIZ TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala: 1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO			

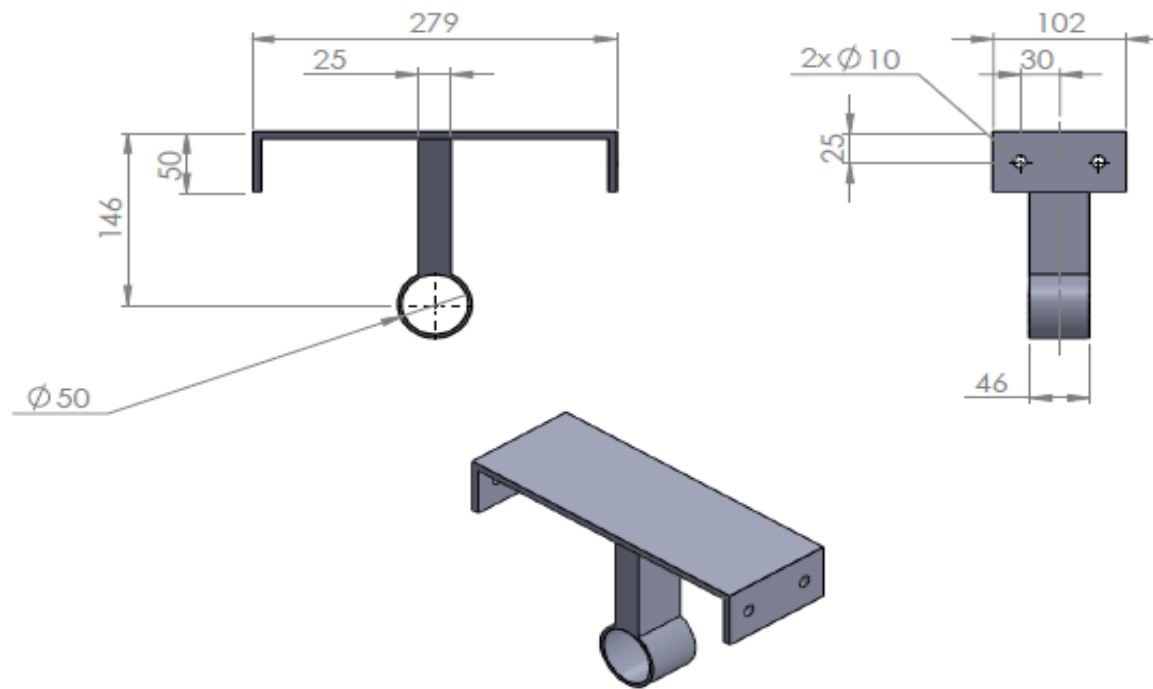




ENTRADA TRANSPORTADOR 1ER PISO	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

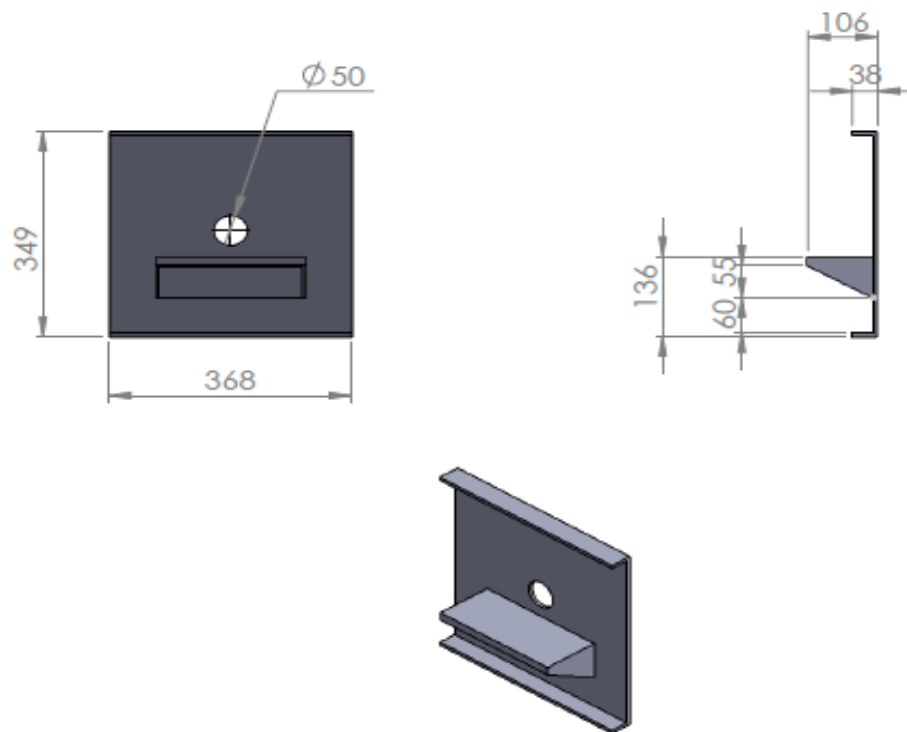
Nombre del Plano: ENTRADA TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala: 1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 1ER PISO			



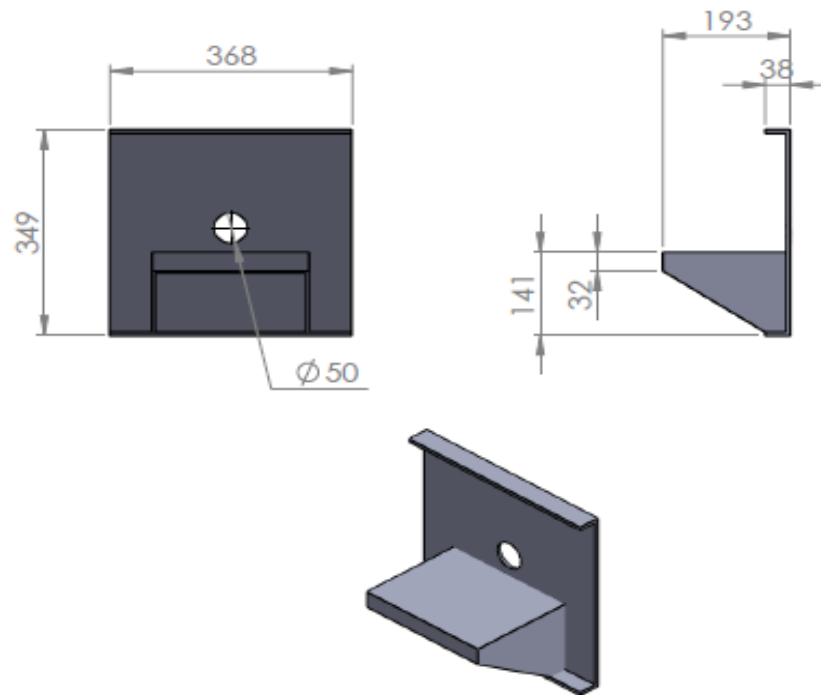
Nombre del Plano:	SALIDA TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO			<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla</i>	



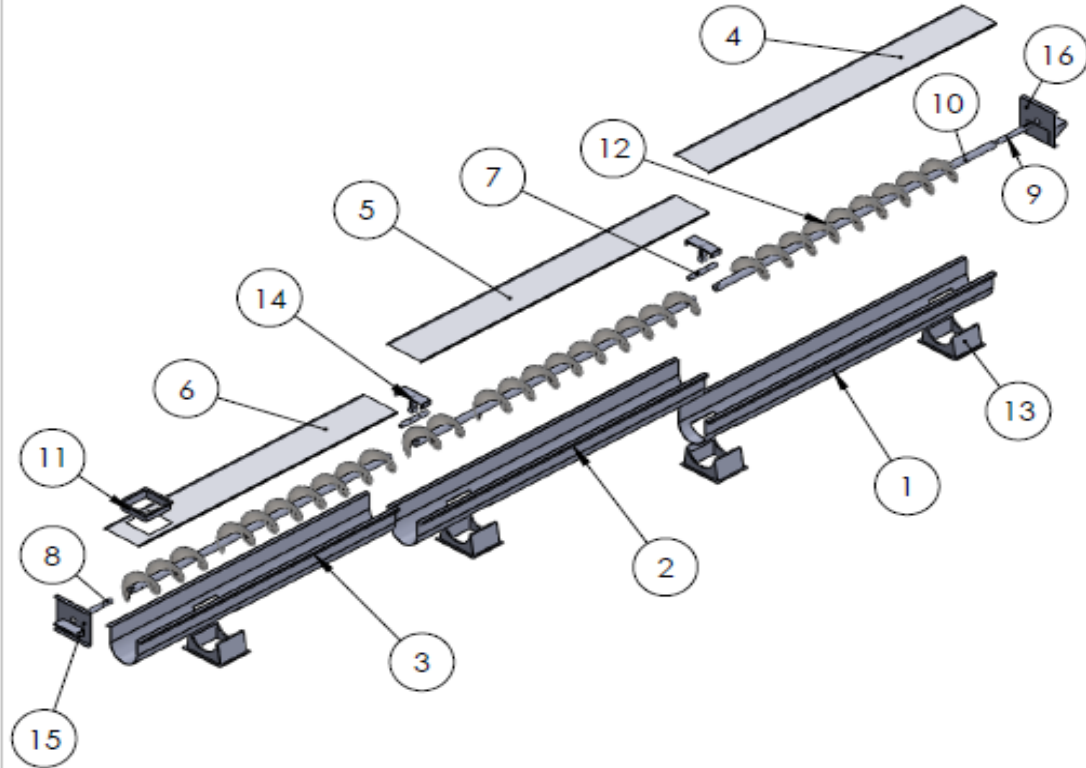
Nombre del Plano:	SOPORTE COLGANTE TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla!</i>			
				ISRAEL RANGEL	05/05/2015 15/05/2015



Nombre del Plano:	TAPA EJE CONDUcido TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1: 10		MOLINOS SAN MIGUEL S.A.
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha: 05/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO				

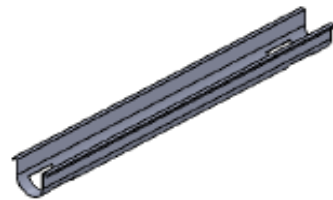
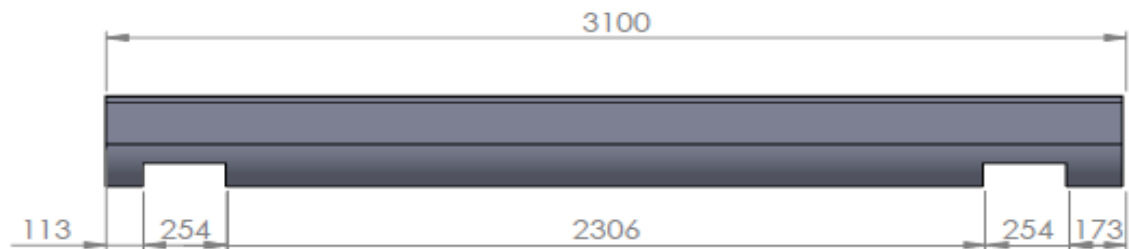
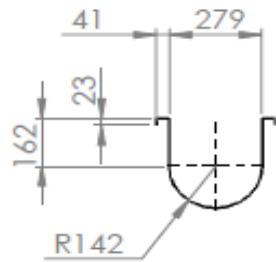


Nombre del Plano:	TAPA EJE MOTRIZ TRANSPORTADOR 1ER PISO	Escala:	1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 1ER PISO		<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO	<i>¡Dale la vuelta!</i>	
				Israel Rangel	05/05/2015 15/05/2015



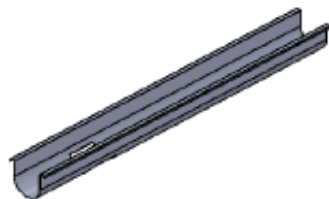
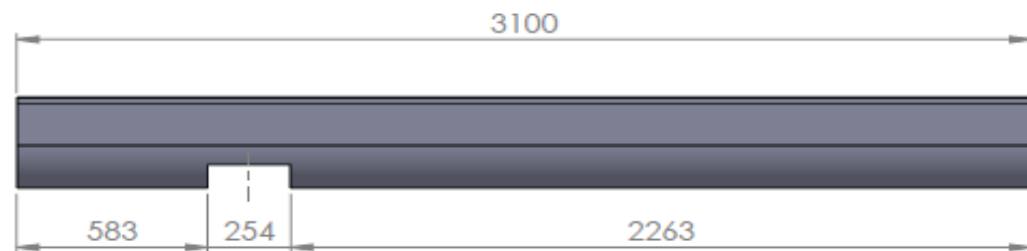
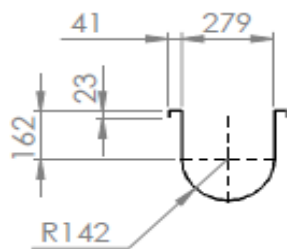
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 5TO PISO	
DESCRIPCIÓN	ITÉM
Artesa-1	1
Artesa-2	2
Artesa-3	3
Cubierta-1	4
Cubierta-2	5
Cubierta-3	6
Eje Acoplamiento	7
Eje Conducido	8
Eje Motriz	9
Eje del Helicoidal	10
Entrada	11
Hélice	12
Salida	13
Soporte	14
Tapa Eje Conducido	15
Tapa Eje Motriz	16

Nombre del Plano: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 5TO PISO-1	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla</i>		



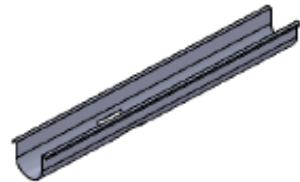
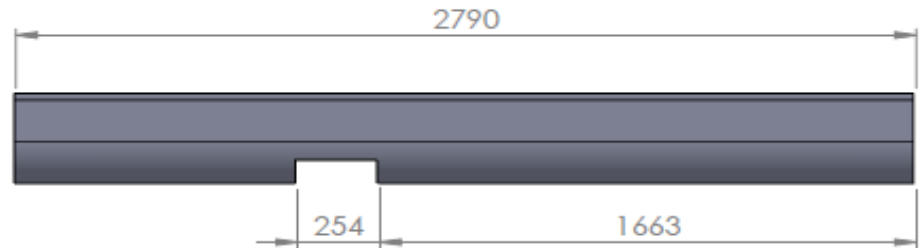
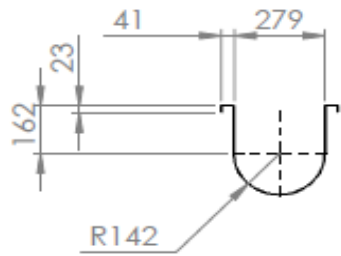
ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-1	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano: ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-1	Escala: 1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO			



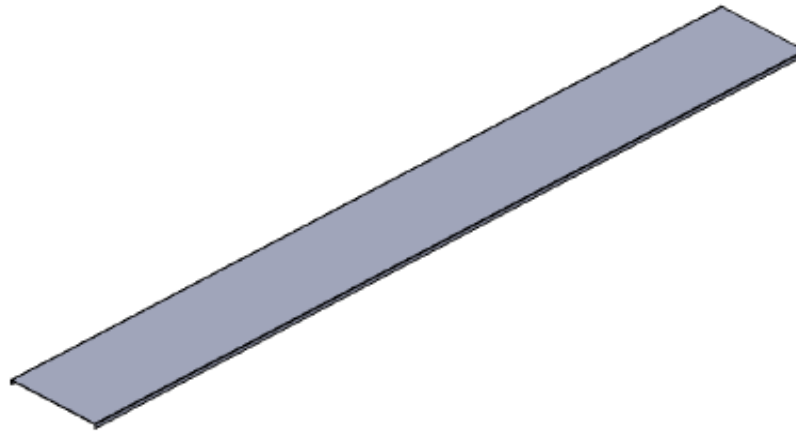
ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-2	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano:	ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-2	Escala:	1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.			
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ	Fecha:	05/05/2015
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha:	15/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO						



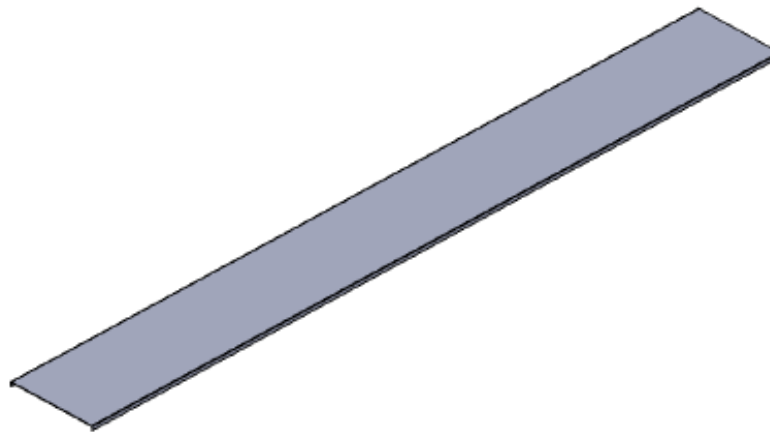
ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-3	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano:	ARTESA TRANSPORTADOR 5TO PISO-3	Escala:	1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.			
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ	Fecha:	05/05/2015
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha:	15/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO		<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Tradición!</i>				



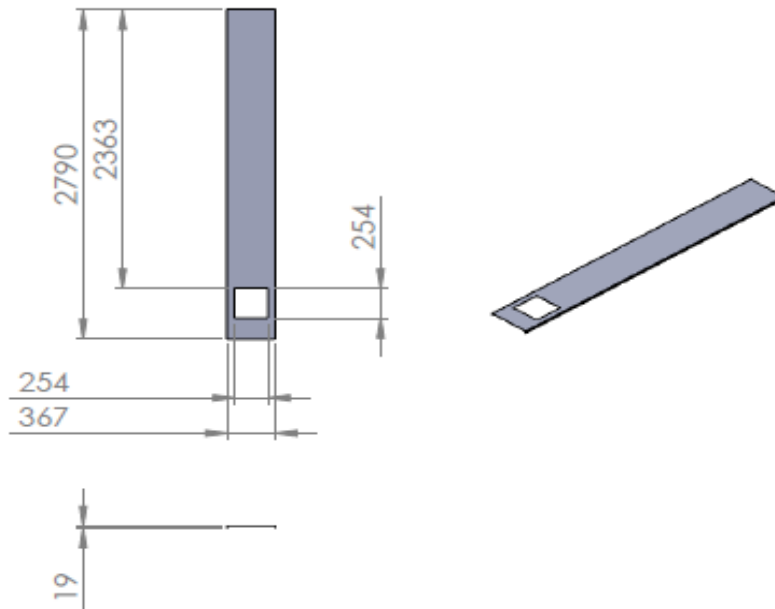
CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-1	
DESCRIPCIÓN	VALOR
LONGITUD	3100 mm
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano: CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-1	Escala: 1:2	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO			



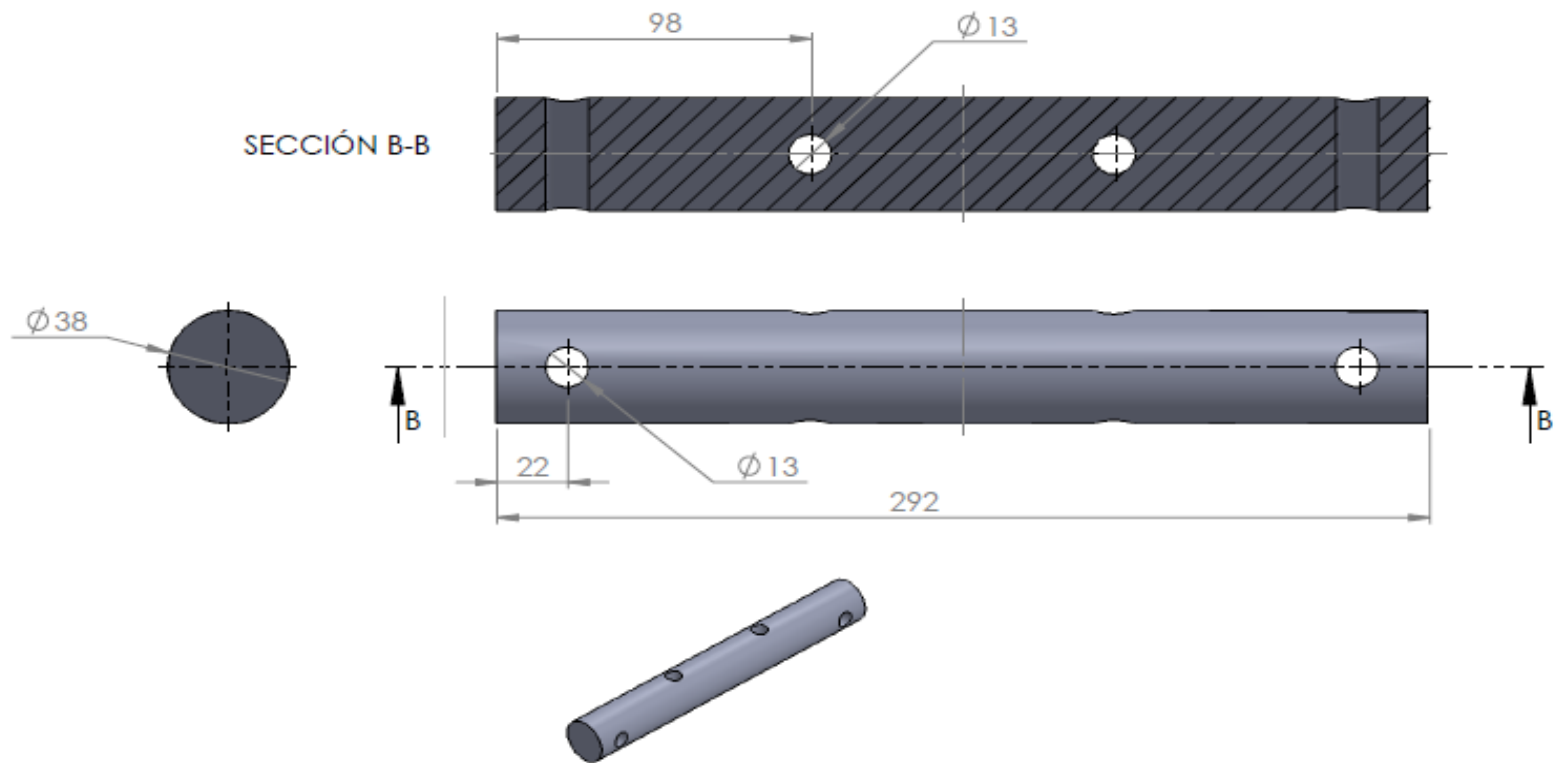
CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-2	
DESCRIPCIÓN	VALOR
LONGITUD	3100 mm
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano:	CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-2	Escala:	1:2	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.			
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ	Fecha:	05/05/2015
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha:	15/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO		<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla!</i>				

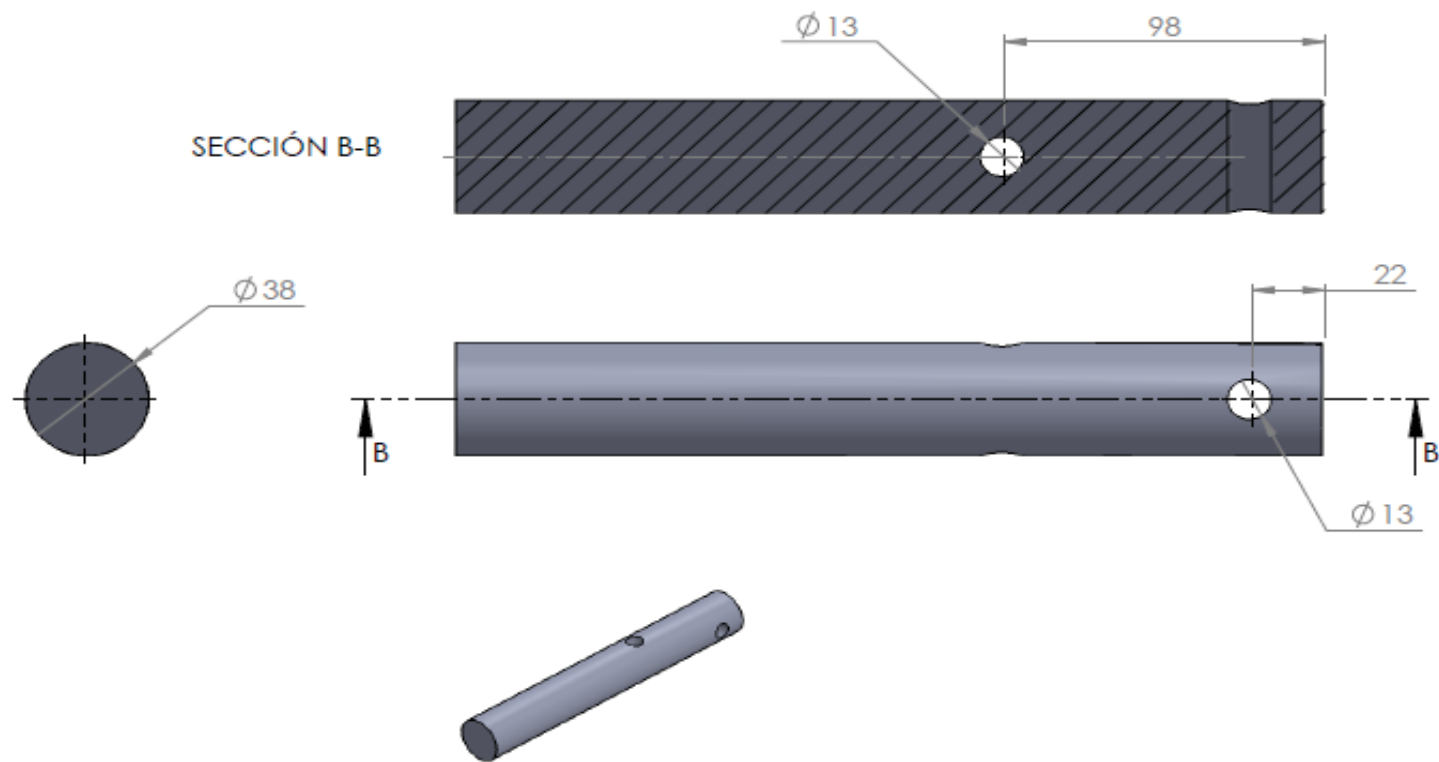


CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-3	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

Nombre del Plano: CUBIERTA TRANSPORTADOR 5TO PISO-3	Escala: 1:50	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO			



Nombre del Plano:	EJE DE ACOPLAMIENTO TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala:	1:2	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO				

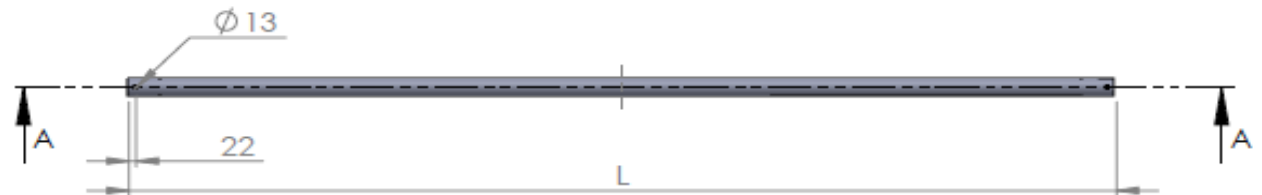
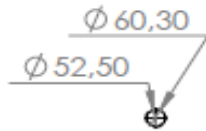


Nombre del Plano:	EJE CONDUcido TRANSPORTADOR STO PISO	Escala:	1:2	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR STO PISO			Fecha:	05/05/2015
				Fecha:	15/05/2015
			<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Troncal!</i>		

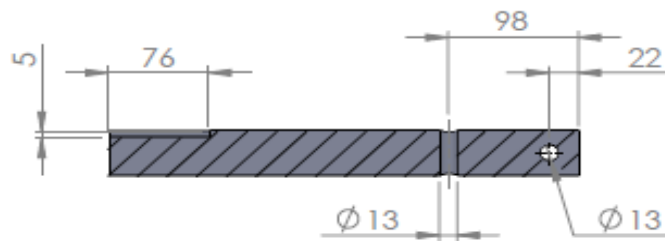
TUBO EJE CENTRAL	
CANTIDAD	3
CÉDULA	40
DIAMETRO INTERNO	2.067 in
DIAMETRO EXTERNO	2.375 in
L	3 m



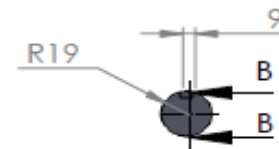
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 20



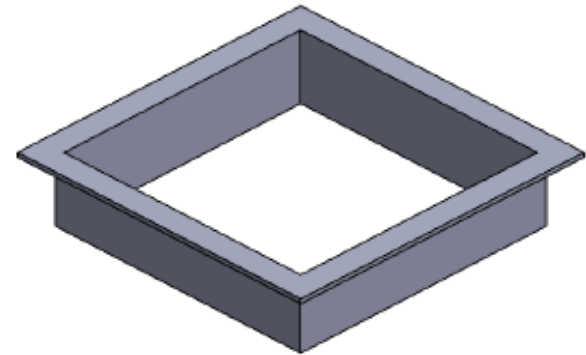
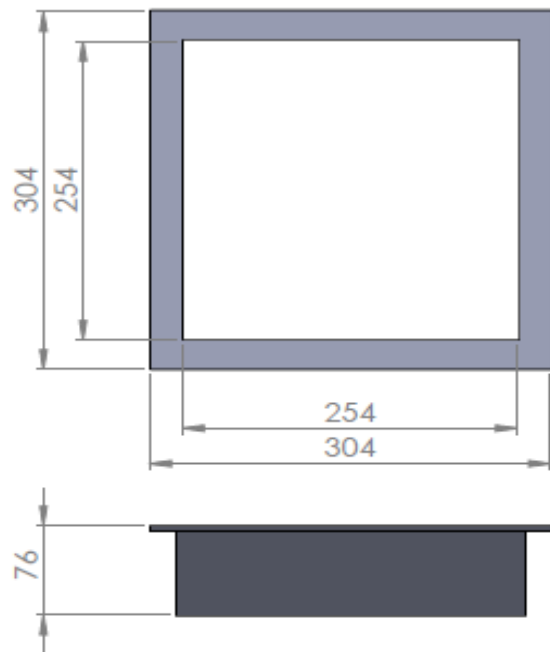
Nombre del Plano: EJE DEL HELICOIDAL 5TO PISO	Escala: 1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO			



SECCIÓN B-B

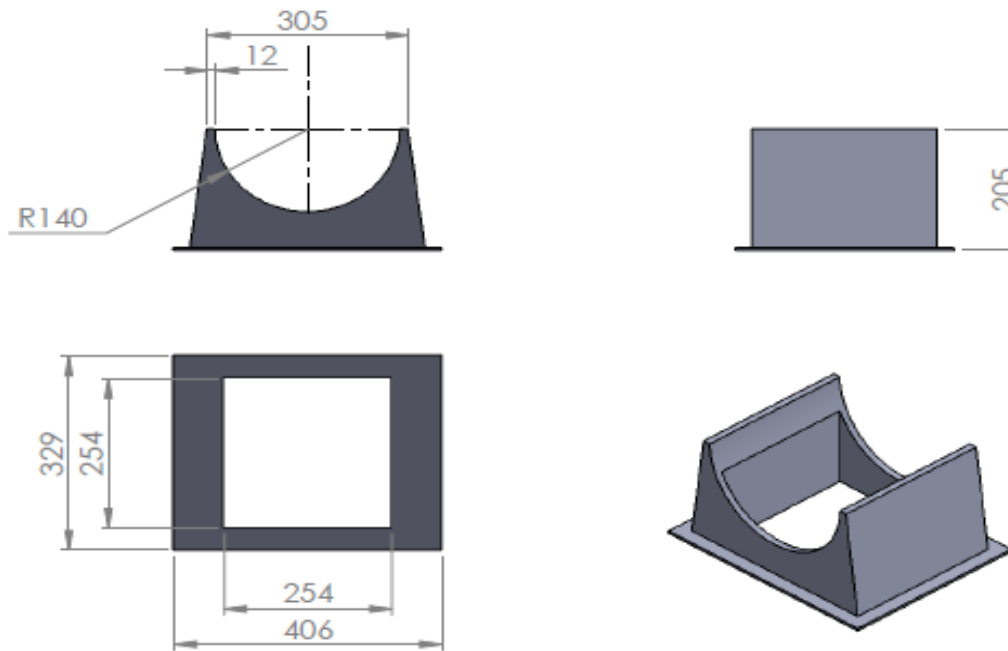


Nombre del Plano: EJE MOTRIZ TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala: 1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Troncal!</i>		

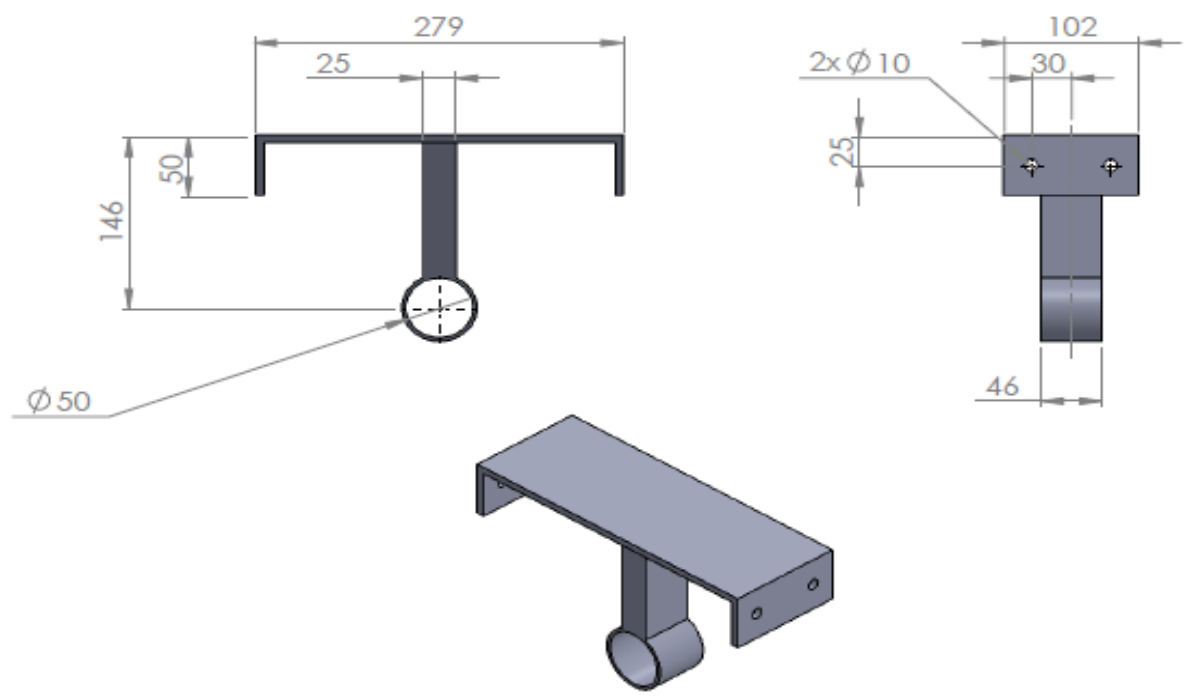


ENTRADA TRANSPORTADOR 5TO PISO	
DESCRIPCIÓN	CALIBRE
ESPESOR	12 ga

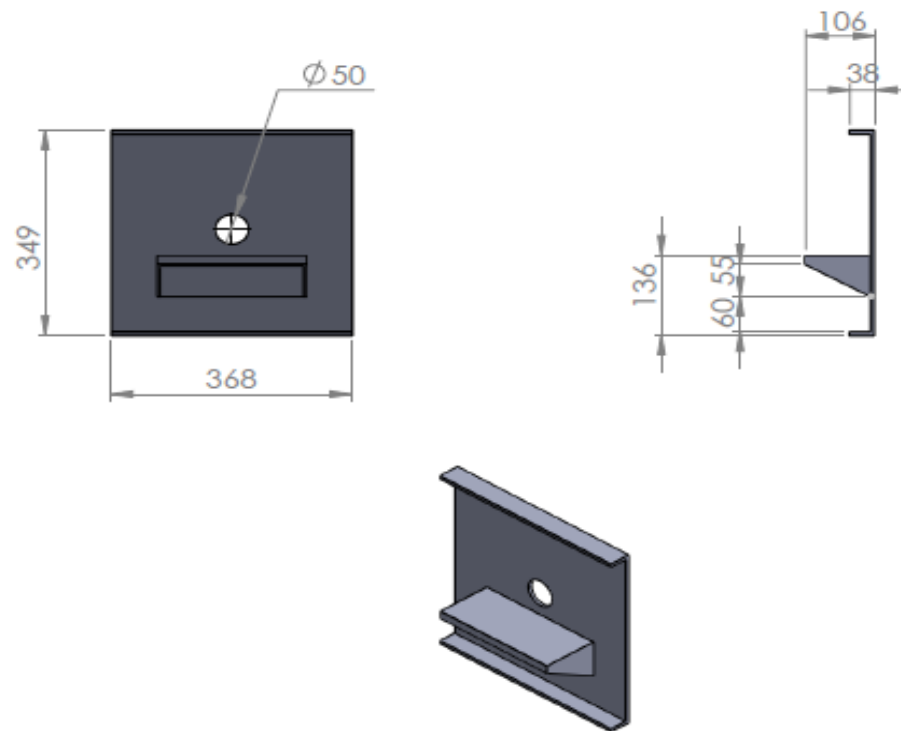
Nombre del Plano: ENTRADA TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala: 1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR 5TO PISO			



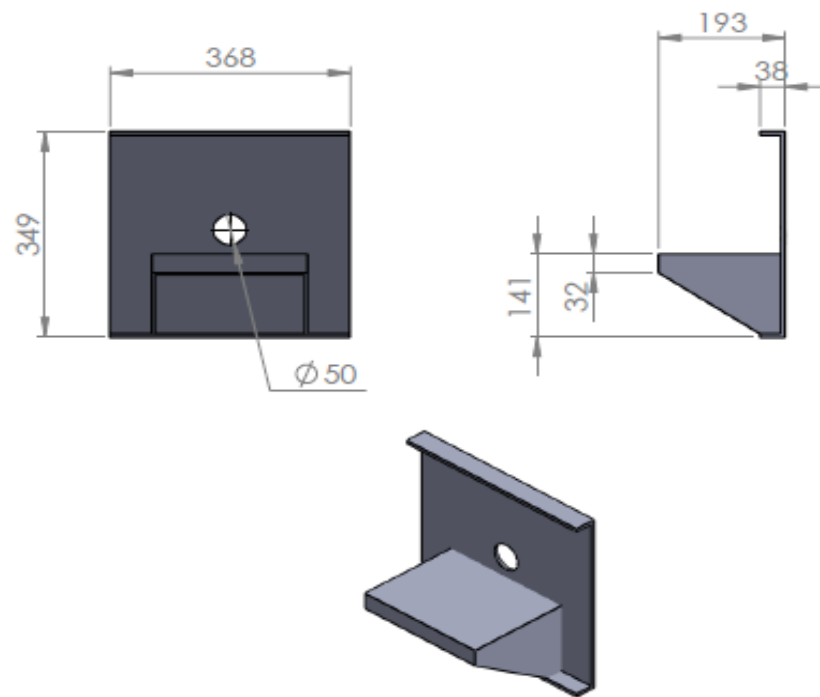
Nombre del Plano:	SALIDA TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala:	1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO				



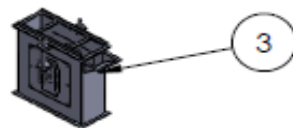
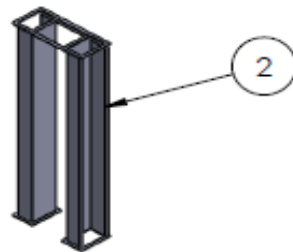
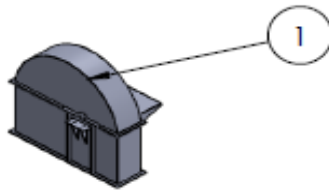
Nombre del Plano:	SOPORTE COLGANTE TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala:	1:5	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO				



Nombre del Plano:	TAPA EJE CONDUcido TRANSPORTADOR 5TO PISO	Escala:	1: 10		MOLINOS SAN MIGUEL S.A.
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha: 05/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO				

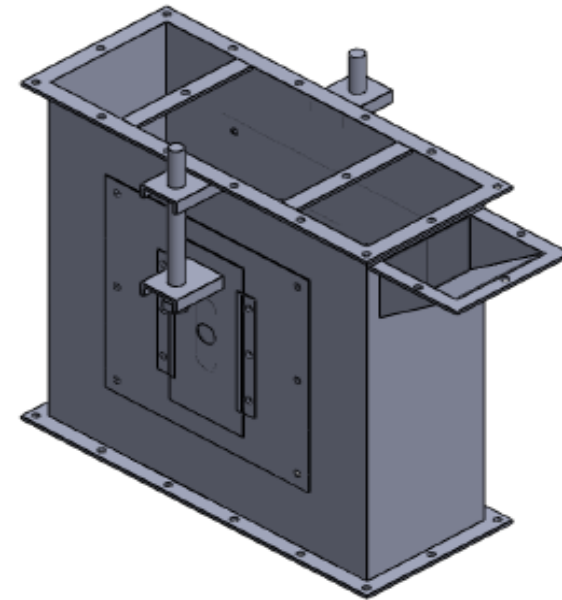
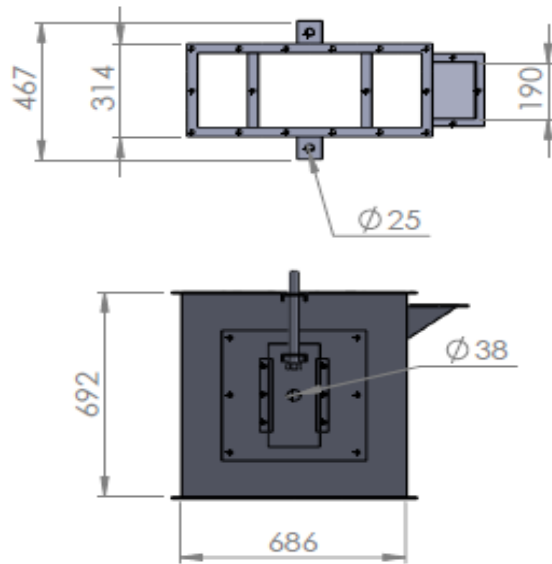


Nombre del Plano:	TAPA EJE MOTRIZ TRANSPORTADOR STO PISO-1	Escala:	1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha: 05/05/2015
Nombre del archivo:	TRANSPORTADOR 5TO PISO				

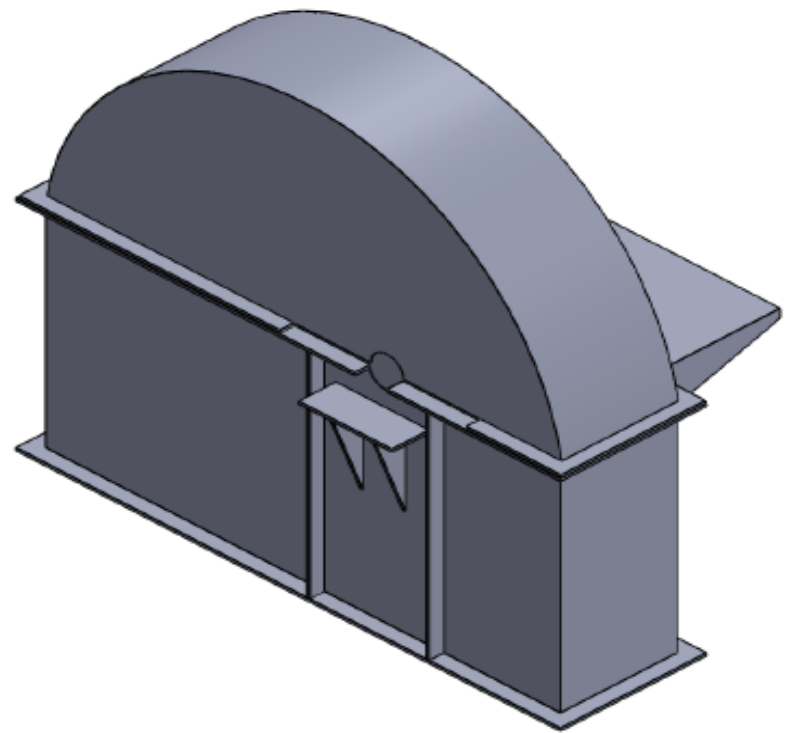
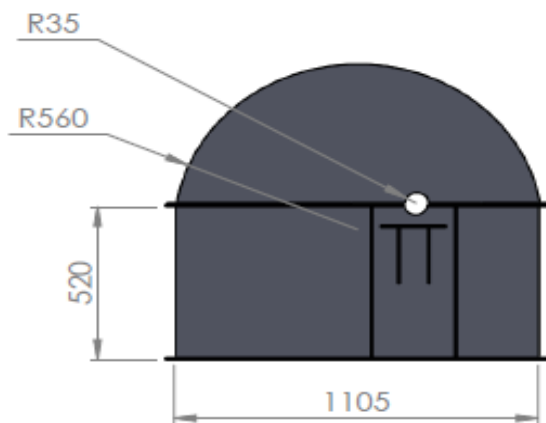
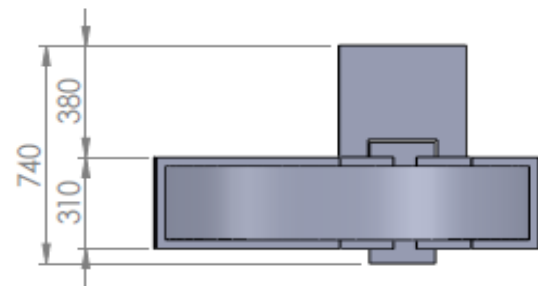


DESCRIPCIÓN	ITÉM
Cabeza del Elevador	1
Cuerpo	2
Base del elevador	3

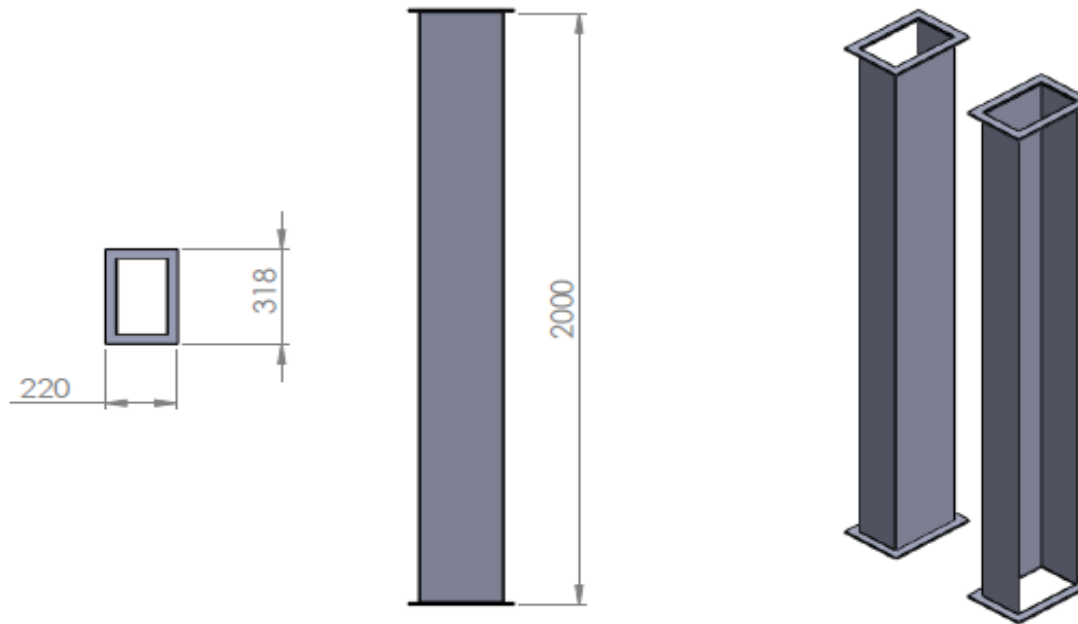
Nombre del Plano:	ELEVADOR DE CANGILONES	Escala	1:50	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	Fecha:
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	Fecha:
Nombre del archivo:	ELEVADOR DE CANGILONES			<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Seguridad!</i>	CARLOS GONZALEZ ISRAEL RANGEL 05/05/2015 15/05/2015



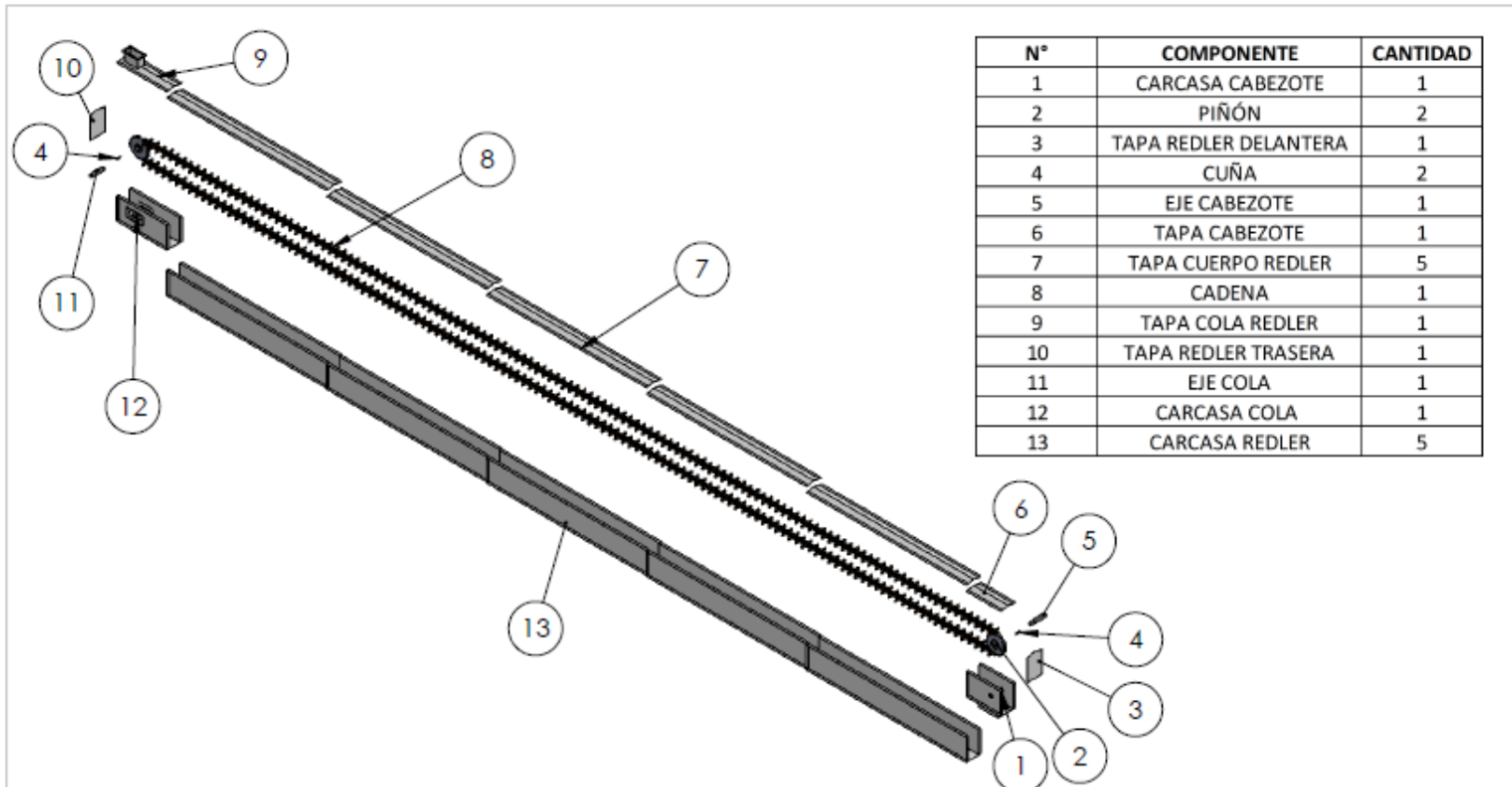
Nombre del Plano:	BASE DEL ELEVADOR	Escala	1:20		MOLINOS SAN MIGUEL S.A.		
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ	Fecha:	05/05/2015
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL	Fecha:	15/05/2015
Nombre del archivo:	ELEVADOR DE CANGILONES			 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Tradición!</i>			



Nombre del Plano:	CABEZA DEL ELEVADOR	Escala	1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto:	MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades:	mm	Elaborado:	CARLOS GONZALEZ
Sección	LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO			Aprobado:	ISRAEL RANGEL
Nombre del archivo:	ELEVADOR DE CANGILONES	<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Granadilla</i>			
				Fecha:	05/05/2015
				Fecha:	15/05/2015

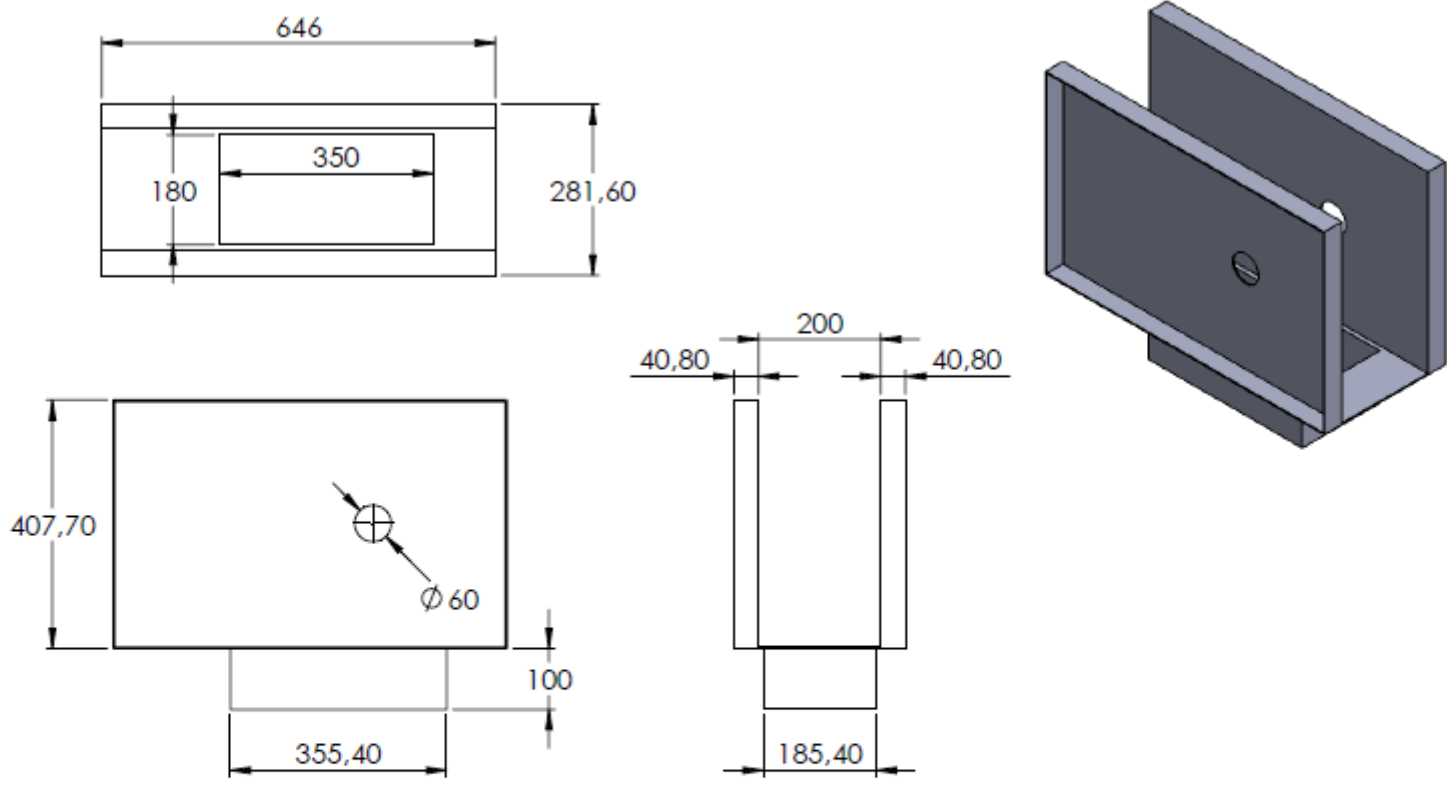


Nombre del Plano: CUERPO DEL ELEVADOR	Escala 1:20	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: ELEVADOR DE CANGILONES			

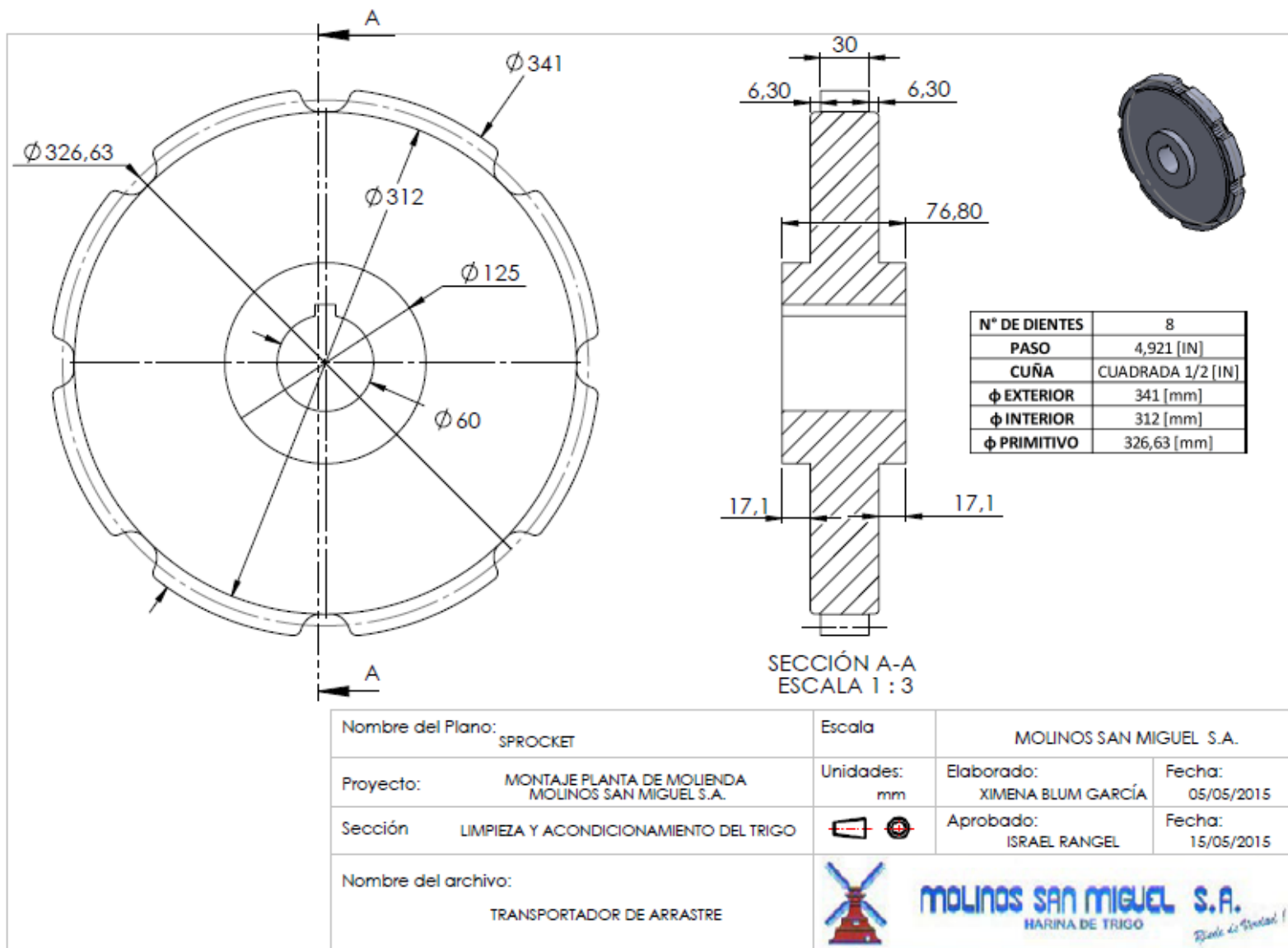


N°	COMPONENTE	CANTIDAD
1	CARCASA CABEZOTE	1
2	PIÑÓN	2
3	TAPA REDLER DELANTERA	1
4	CUÑA	2
5	EJE CABEZOTE	1
6	TAPA CABEZOTE	1
7	TAPA CUERPO REDLER	5
8	CADENA	1
9	TAPA COLA REDLER	1
10	TAPA REDLER TRASERA	1
11	EJE COLA	1
12	CARCASA COLA	1
13	CARCASA REDLER	5

Nombre del Plano: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



Nombre del Plano: SALIDA REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



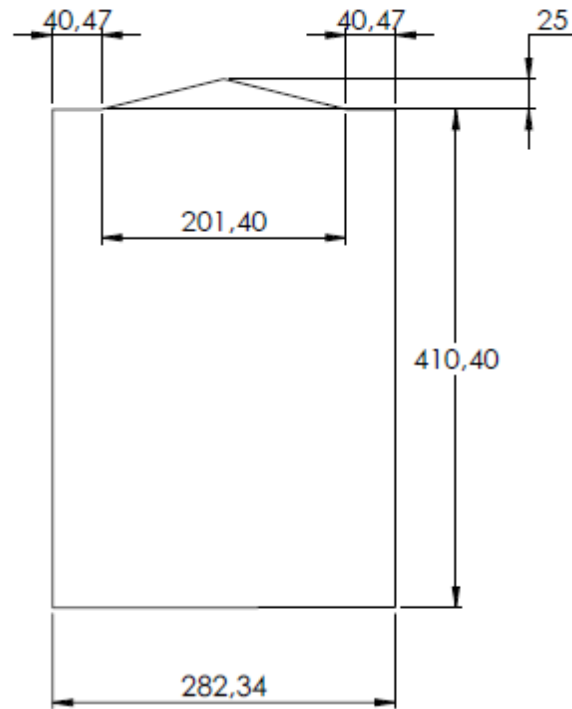
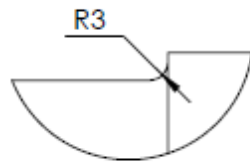
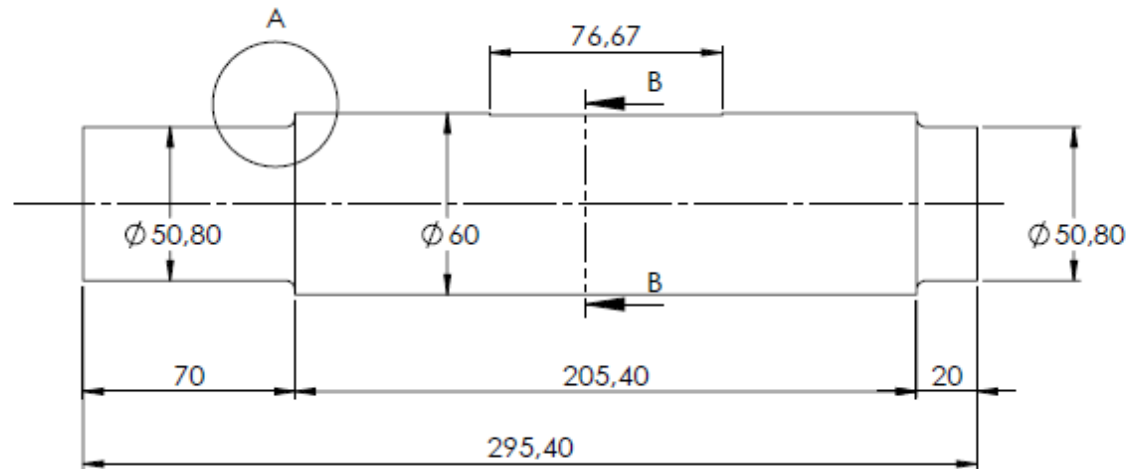
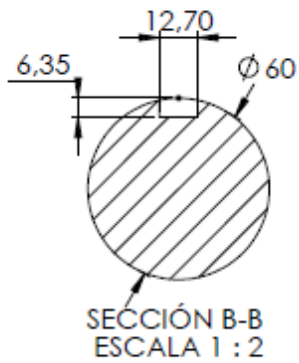


LÁMINA CALIBRE 12 = 2,7 mm

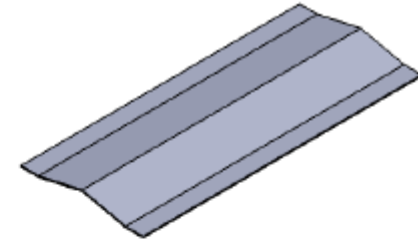
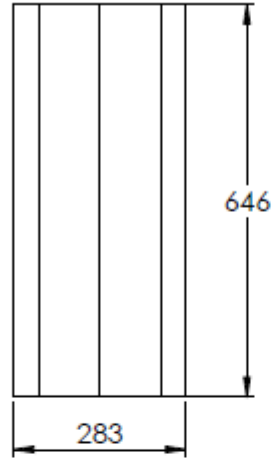
Nombre del Plano: TAPA EXTREMOS REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



Nombre del Plano: EJE CABEZOTE REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Troncal 1</i>		



VISTA FRONTAL ESCALA 1:2

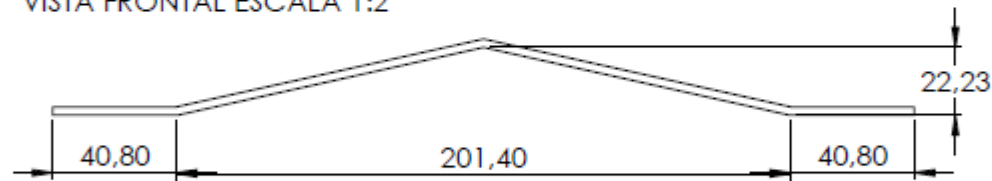
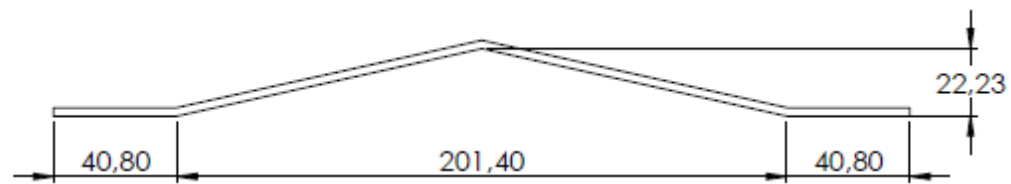
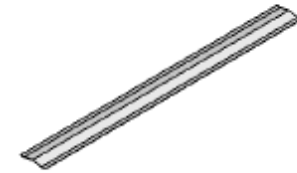
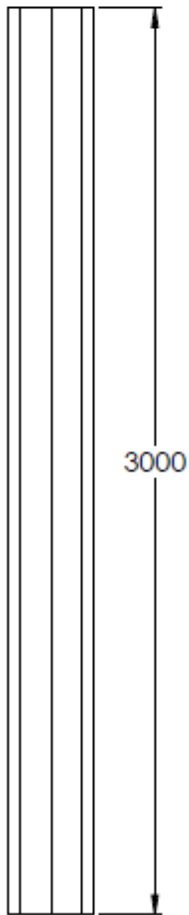
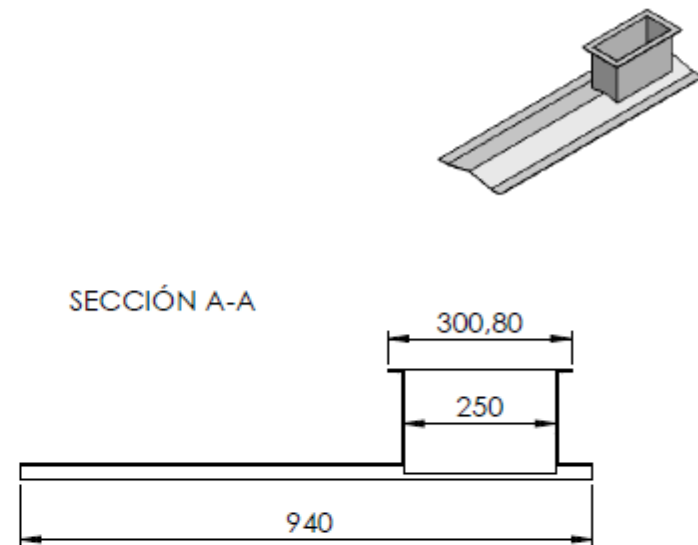
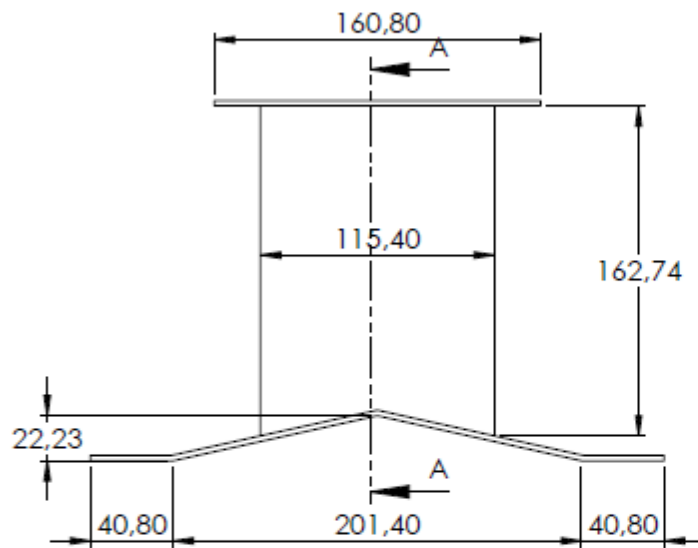


LÁMINA CALIBRE 12 = 2,7 mm

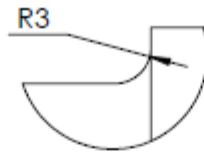
Nombre del Plano: TAPA CABEZOTE REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



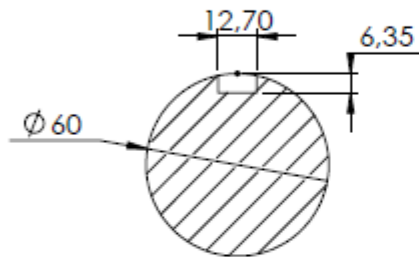
Nombre del Plano: TAPA CUERPO REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Siembra!</i>		



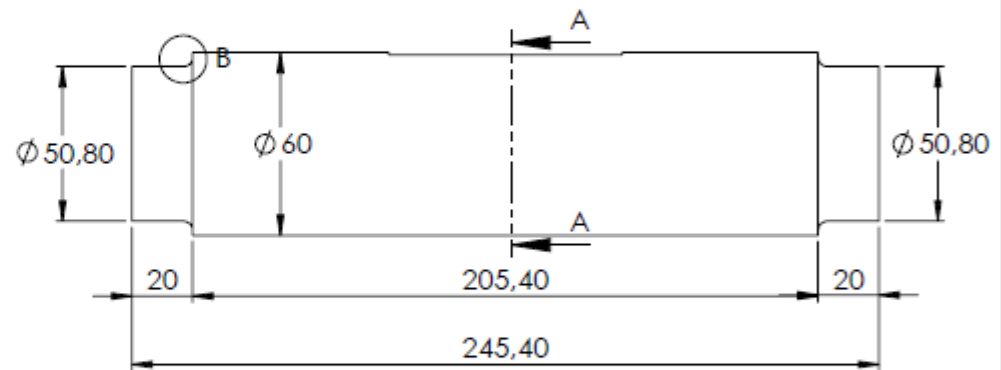
Nombre del Plano: TAPA ENTRADA TRANSPORTADOR	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



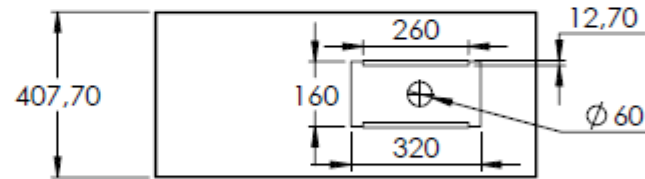
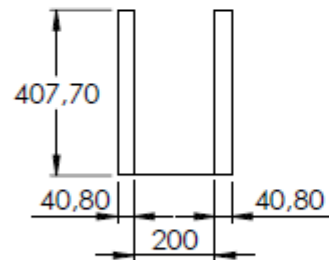
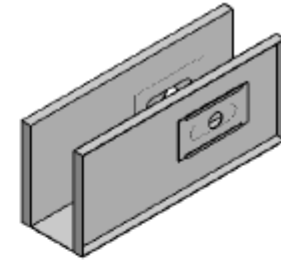
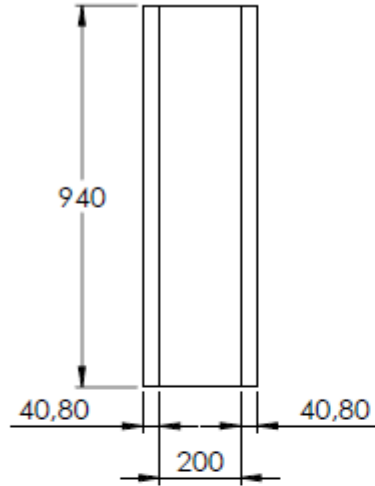
DETALLE B  
ESCALA 2 : 1



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2



Nombre del Plano: EJE COLA REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	<b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Siembra!</i>		



Nombre del Plano: COLA REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	 <b>MOLINOS SAN MIGUEL S.A.</b> HARINA DE TRIGO <i>Desde la Siembra!</i>		

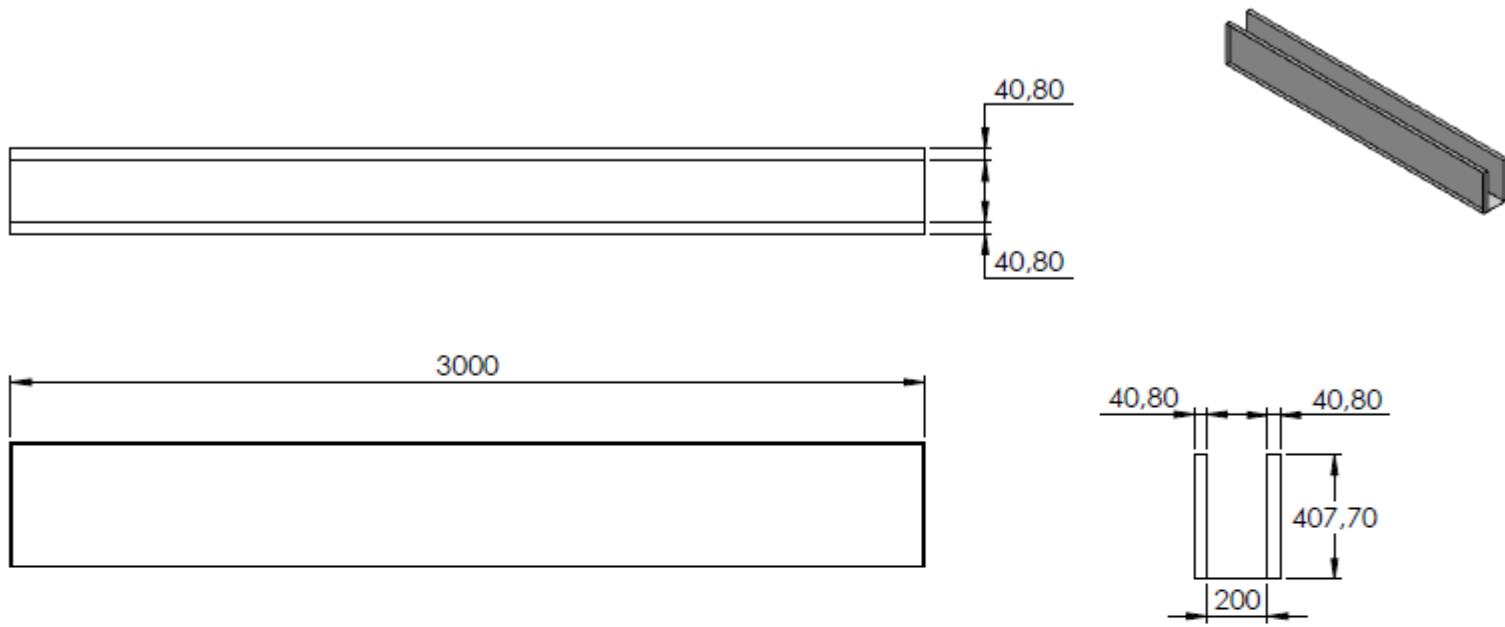
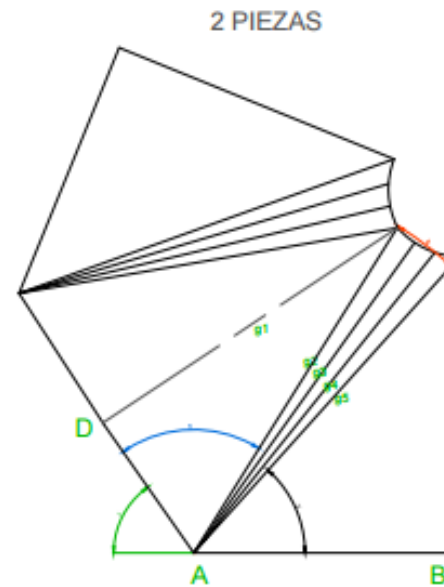
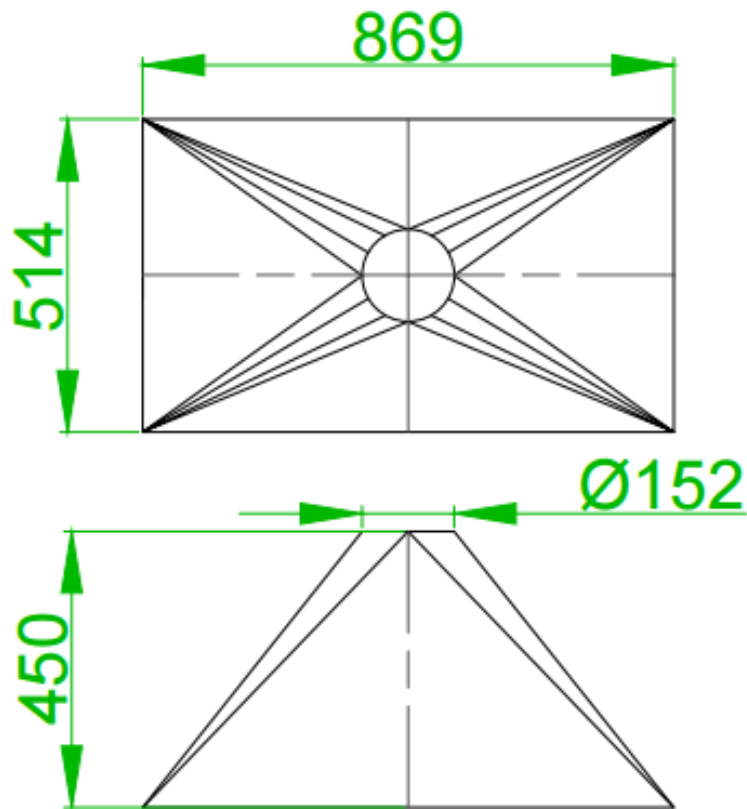


LÁMINA CALIBRE 12 = 2,7 mm

Nombre del Plano: CUERPO REDLER	Escala	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Unidades: mm	Elaborado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 05/05/2015
Sección LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL TRIGO		Aprobado: ISRAEL RANGEL	Fecha: 15/05/2015
Nombre del archivo: TRANSPORTADOR DE ARRASTRE			



Medidas	Tolva 80
AB	432 [mm]
AD	257 [mm]
r1	575 [mm]
r2	630 [mm]
r3	621 [mm]
r4	629 [mm]
r5	650 [mm]
γ	48 [°]
φ	10,4 [°]
δ	66 [°]
β	55 [°]

Nombre del Plano: TOLVA 80	Escala: 1:10	MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	
Proyecto: MONTAJE PLANTA DE MOLIENDA MOLINOS SAN MIGUEL S.A.	Rev: 1	Elaborado: CARLOS GONZALEZ	Fecha: 07/06/2015
Sección: 1ERA LIMPIEZA DEL TRIGO		Aprobado: XIMENA BLUM GARCÍA	Fecha: 07/06/2015
Nombre del Archivo: TOLVAS			

