

# Universidad Tecnológica Nacional

## Facultad Regional Paraná



“Ampliación y reingeniería en planta de  
acondicionamiento y acopio de granos”

Autores: Luggren, Adrian Faustino.

Menón, Damián Alejandro.

Director: Rhul, Gustavo.

Maximino, Nicolas.

Ingeniería Electromecánica

Paraná, mayo de 2024



## DEDICATORIA

Hoy concluimos una hermosa etapa, la del estudiante universitario, durante estos largos años hemos tenido un camino que muchas veces se hizo cuesta arriba, pero con mucho esfuerzo, dedicación y constancia hoy podemos disfrutar del tan ansiado logro, llegar a ser ingenieros.

Este logro no podría haber sido posible sin el apoyo incondicional de nuestros padres, familiares y amigos, por tal motivo este proyecto está dedicado con mucho cariño a ellos.



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Paraná por permitirnos la oportunidad de estudiar una carrera de grado como ingeniería. A los docentes que hemos tenido a lo largo de la carrera, quienes nos han brindado sus conocimientos y experiencias, quienes han sido muchas veces nuestros guías en este camino. Al personal no docente, quienes hacen que el día a día en el establecimiento sea agradable. **Agradecemos a toda la familia de la UTN.**



## CONTENIDO

Capítulo 1 AMPLIACIÓN Y REPLANTEO DE PLANTA DE ACONDICIONAMIENTO DE GRANOS. ....	1-20
Capítulo 2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	2-22
Capítulo 3 ALCANCE .....	3-24
Capítulo 4 PLAN DE TRABAJO .....	4-25
Capítulo 5 MARCO LEGAL .....	5-26
Capítulo 6 MARCO TEÓRICO .....	6-28
Manejo poscosecha.....	6-28
<i>Preparación de la planta para la recepción.....</i>	6-28
<i>Recepción del grano .....</i>	6-29
<i>Clasificación de los granos.....</i>	6-29
<i>Limpieza del grano .....</i>	6-29
<i>Secado.....</i>	6-30
Secado a alta temperatura.....	6-32
Secado a baja temperatura.....	6-34
<i>Llenado de silos .....</i>	6-36
Descorazonado .....	6-36
Desparramado del material fino .....	6-37
Nivelado de la superficie.....	6-37
Sobrellenado.....	6-38
<i>Aireación.....</i>	6-38
Caudal específico .....	6-38
Duración del ciclo de aireación.....	6-42
<i>Termometría.....</i>	6-43
Equipamientos comunes en plantas de acondicionamiento y acopio.....	6-44
<i>Bascula para el pesado de camiones.....</i>	6-44
<i>Sonda de calado.....</i>	6-45
<i>Plataforma volcadora hidráulica .....</i>	6-46
<i>Prelimpieza de choque.....</i>	6-46
<i>Limpiadora zarandeadora de granos .....</i>	6-47
<i>Secadora .....</i>	6-48
<i>Transportes helicoidales.....</i>	6-49
<i>Elevador de Cangilones.....</i>	6-50



<i>Cinta transportadora</i> .....	6-51
<i>Transporte a cadena Redler</i> .....	6-53
<i>Tubo</i> .....	6-54
<i>Distribuidor</i> .....	6-54
<i>Colectores</i> .....	6-55
<i>Valvulas de dos vias</i> .....	6-56
<i>Amortiguador final autolimpiante</i> .....	6-56
<i>Soporte intermedio</i> .....	6-56
<i>Silos</i> .....	6-57
<i>Ventiladores</i> .....	6-57
<i>Separador ciclónico</i> .....	6-58
Capítulo 7 INGENIERÍA BÁSICA .....	7-59
Emplazamiento y disponibilidad física .....	7-59
Disponibilidad energética.....	7-60
<i>Energía eléctrica</i> .....	7-60
Instalación de un grupo generador de mayor potencia.....	7-60
Instalacion de un grupo generador y planta de biodiesel para el abastecimiento de combustible .....	7-61
Construccion de linea para conectarse a la red. ....	7-61
Solucion adoptada .....	7-61
<i>Energía Térmica</i> .....	7-62
Hogar a leña .....	7-62
Hogar a gas.....	7-62
Solucion adoptada .....	7-62
Proceso del grano dentro de la planta.....	7-63
Determinación del equipamientos y capacidades.....	7-64
Calador .....	7-64
Bascula .....	7-64
Volquete hidráulico .....	7-64
Pre-limpieza de choque .....	7-65
Zaranda.....	7-65
Secadora .....	7-65
Silos de grano húmedo .....	7-65
Silos pulmón .....	7-65
Silos de acopio .....	7-66



Tornillo N°1 .....	7-66
Noria N°1 .....	7-66
Tornillo N°2 .....	7-66
Noria N°2 .....	7-66
Tornillo N°3 .....	7-66
Tornillo N°4 .....	7-66
Tornillo N°5 .....	7-67
Noria N°3 .....	7-67
Tornillo N°6 .....	7-67
Tornillo N°7 .....	7-67
Tornillo N°8 .....	7-67
Tornillo N°9 .....	7-67
Tornillo N°10 .....	7-67
Noria N°4 .....	7-67
Noria N°5 .....	7-67
Rosca extractora N°1 .....	7-68
Rosca extractora N°2 .....	7-68
Rosca extractora N°3 .....	7-68
Rosca extractora N°4 .....	7-68
Tuberías de descarga por gravedad .....	7-68
Dispositivos para la orientación del grano .....	7-68
Válvula de canalización Noria N°1 (VCN°1) .....	7-68
Válvula de canalización Noria N°2 (VCN°2) .....	7-69
Válvula de canalización Noria N°3 (VCN°3) .....	7-69
Válvula de canalización Noria N°4 (VCN°4): .....	7-69
Válvula de canalización Noria N°5 (VCN°5) .....	7-69
Válvula de canalización N°6 (VCN°6) .....	7-69
Válvula de canalización N°7 (VCN°7) .....	7-69
Válvula de canalización N°8 (VCN°8) .....	7-69
Válvulas de descarga de silos elevados .....	7-69
Capítulo 8 INGENIERÍA DE DETALLE .....	8-71
Cálculo de transportes helicoidales .....	8-71
<i>Procedimiento de calculo</i> .....	8-71
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°1</i> .....	8-90
Requerimientos .....	8-90



Cálculo del transporte .....	8-90
Selección del motor.....	8-92
Selección del reductor .....	8-92
Transmisión por correas .....	8-92
Helicoidal .....	8-94
Eje del helicoidal.....	8-94
Espiga inferior.....	8-95
Artesa .....	8-97
Rodamiento .....	8-97
Carga del transporte .....	8-98
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°2</i> .....	<i>8-101</i>
Requerimientos .....	8-101
Cálculo del transporte .....	8-101
Selección del motor.....	8-103
Selección del reductor .....	8-103
Transmisión por correas .....	8-103
Helicoidal .....	8-105
Eje del helicoidal.....	8-105
Espiga inferior.....	8-106
Artesa .....	8-108
Rodamiento .....	8-108
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°3, N°5, N°6 y N°8</i> .....	<i>8-110</i>
Requerimientos .....	8-110
Cálculo del transporte .....	8-110
Selección del motor.....	8-112
Selección del reductor .....	8-112
Transmisión por correas .....	8-112
Helicoidal .....	8-114
Eje del helicoidal.....	8-114
Espiga inferior.....	8-116
Artesa .....	8-117
Rodamiento .....	8-117
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°4, y N°7</i> .....	<i>8-119</i>
Requerimientos .....	8-119
Cálculo del transporte .....	8-119



Selección del motor.....	8-121
Selección del reductor .....	8-121
Transmisión por correas .....	8-121
Helicoidal .....	8-123
Eje del helicoidal.....	8-123
Espiga inferior .....	8-124
Artesa .....	8-126
Rodamiento .....	8-126
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°9.....</i>	<i>8-128</i>
Requerimientos .....	8-128
Cálculo del transporte .....	8-128
Selección del motor.....	8-129
Selección del reductor .....	8-130
Transmisión por correas .....	8-130
Helicoidal .....	8-132
Eje del helicoidal.....	8-132
Espiga inferior.....	8-133
Artesa .....	8-134
Rodamiento .....	8-135
<i>Cálculo del transporte helicoidal N°10.....</i>	<i>8-137</i>
Requerimientos .....	8-137
Cálculo del transporte .....	8-137
Selección del motor.....	8-138
Selección del reductor .....	8-139
Transmisión por correas .....	8-139
Helicoidal .....	8-141
Eje del helicoidal.....	8-141
Espiga inferior.....	8-142
Artesa .....	8-143
Rodamiento .....	8-144
<i>Cálculo de rosca extractora N°1 y N°2 .....</i>	<i>8-146</i>
Requerimientos .....	8-146
Cálculo del transporte .....	8-146
Selección del motor.....	8-148
Selección del reductor .....	8-148



Transmisión por correas .....	8-148
Helicoidal .....	8-150
Eje del helicoidal.....	8-150
Espiga inferior.....	8-151
Artesa .....	8-153
Rodamiento .....	8-153
Carga del transporte .....	8-154
<i>Cálculo de rosca extractora N°3 y N°4 .....</i>	<i>8-157</i>
Requerimientos .....	8-157
Cálculo del transporte .....	8-157
Selección del motor.....	8-159
Selección del reductor .....	8-159
Transmisión por correas .....	8-159
Helicoidal .....	8-161
Eje del helicoidal.....	8-161
Espiga inferior.....	8-162
Artesa .....	8-164
Rodamiento .....	8-164
Carga del transporte .....	8-165
Cálculo de elevadores de cangilones.....	8-168
<i>Procedimiento de cálculo .....</i>	<i>8-168</i>
<i>Cálculo de elevador de cangilones N°1 .....</i>	<i>8-176</i>
Requerimientos .....	8-176
Cálculo del transporte .....	8-176
Selección de cinta transportadora.....	8-178
Selección del motor.....	8-179
Selección del reductor .....	8-179
Transmisión por correas .....	8-179
Rodamiento .....	8-181
Eje de tambor motriz.....	8-182
<i>Cálculo de elevador de cangilones N°2 y N°3.....</i>	<i>8-185</i>
Requerimientos .....	8-185
Cálculo del transporte .....	8-185
Selección de cinta transportadora.....	8-187
Selección del motor.....	8-188



Selección del reductor .....	8-188
Transmisión por correas .....	8-188
Rodamiento .....	8-190
<i>Cálculo de elevador de cangilones N°4</i> .....	<i>8-192</i>
Requerimientos .....	8-192
Cálculo del transporte .....	8-192
Selección de cinta transportadora.....	8-194
Selección del motor.....	8-195
Selección del reductor .....	8-195
Transmisión por correas .....	8-195
Rodamiento .....	8-197
Eje de tambor motriz.....	8-198
<i>Cálculo de elevador de cangilones N°5</i> .....	<i>8-201</i>
Requerimientos .....	8-201
Cálculo del transporte .....	8-201
Selección de cinta transportadora.....	8-203
Selección del motor.....	8-204
Selección del reductor .....	8-204
Transmisión por correas .....	8-204
Rodamiento .....	8-206
Eje de tambor motriz.....	8-207
Cálculo de la instalación eléctrica de potencia.....	8-210
<i>Memoria descriptiva</i> .....	<i>8-210</i>
<i>Suministro de energía</i> .....	<i>8-210</i>
<i>Determinación de las cargas y denominación</i> .....	<i>8-212</i>
<i>Organización de tableros</i> .....	<i>8-214</i>
<i>Selección de conductores</i> .....	<i>8-216</i>
<i>Selección del tipo de arranque de motores</i> .....	<i>8-220</i>
<i>Cálculo de las corrientes de cortocircuito</i> .....	<i>8-222</i>
Determinación de las impedancias de cortocircuito en equipos eléctricos	8-222
Determinación de corrientes de falla.....	8-229
<i>Determinación de la toma de tierra de protección</i> .....	<i>8-233</i>
<i>Dispositivos de protección y maniobra</i> .....	<i>8-235</i>
Fallas a tierra – contactos directos – contactos indirectos .....	8-235
Sobrecorrientes.....	8-237



<i>Sistema de protección contra rayos (SPCR)</i> .....	8-248
<i>Corrección del factor de potencia</i> .....	8-255
Capítulo 9 Automatización .....	9-257
Descripción general .....	9-257
Descripción del funcionamiento.....	9-258
<i>Funcionamiento en modo automático</i> .....	9-258
Proceso de Arroz: .....	9-258
Proceso del Soja y Trigo: .....	9-262
Proceso de aireación.....	9-263
Funcionamiento en modo manual. ....	9-263
Descripción de la arquitectura del sistema .....	9-263
<i>Detalle del equipamiento utilizado</i> .....	9-265
Sensores .....	9-265
Contactos auxiliares .....	9-267
Selectoras .....	9-268
Actuadores.....	9-271
<i>Determinación de Entradas y Salidas</i> .....	9-275
<i>Selección del PLC</i> .....	9-275
<i>Organización de entradas y salidas en módulos del PLC</i> .....	9-276
<i>Interacción Hombre Maquina</i> .....	9-279
Capítulo 10 DISEÑO DE RED NEUMATICA .....	10-280
Selección del compresor.....	10-280
Selección del tanque pulmón.....	10-282
Selección del secador: .....	10-283
Selección de la tubería:.....	10-283
Capítulo 11 Análisis Económico.....	11-288
Estudio de mercado .....	11-288
<i>Arroz</i> .....	11-288
<i>Soja</i> .....	11-289
<i>Trigo</i> .....	11-290
Determinación de las tarifas .....	11-292
Determinación de los costos de producción .....	11-293
Determinación de ingresos por producción .....	11-294
Inversión Inicial.....	11-295
Evaluación Financiera .....	11-296



<i>Payback o periodo de recupero.</i> .....	11-297
<i>Valor actual Neto.</i> .....	11-298
<i>Tasa interna de retorno.</i> .....	11-298
<i>Conclusión.</i> .....	11-299
Capítulo 12 Conclusión.....	12-300
Capítulo 13 Bibliografía.....	13-301
Capítulo 14 Anexos Generales.....	1-16



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Ubicación .....	1-20
Ilustración 2- Diagrama de Gantt.....	4-25
Ilustración 3- Tipos de secadoras de alta temperatura.....	6-33
Ilustración 4- Sistema de secado con baja temperatura.....	6-35
Ilustración 5- Descorazonado de Silo .....	6-37
Ilustración 6- Nivelado de silos .....	6-37
Ilustración 7- Sobrellenado del silo.....	6-38
Ilustración 8- Sistemas de aireación. ....	6-39
Ilustración 9- Ventajas y desventajas de sistema con presión positiva.....	6-41
Ilustración 10- Ventajas y desventajas de sistema con presión negativa...	6-42
Ilustración 11- Bascula para pesado de camiones.....	6-44
Ilustración 12- Calador Sonda Manual. ....	6-45
Ilustración 13- Calador Automático. ....	6-45
Ilustración 14- Plataforma volcadora hidráulica. ....	6-46
Ilustración 15- Prelimpieza de choque.....	6-47
Ilustración 16- Limpiadora de zaranda. ....	6-48
Ilustración 17- Secadora de flujo continuo.....	6-49
Ilustración 18- Transporte Helicoidal.....	6-50
Ilustración 19- Elevador de cangilones.....	6-51
Ilustración 20- Cinta Transportadora.....	6-52
Ilustración 21- Transporte a cadena Redler.....	6-53
Ilustración 22-A Tubos de Canalización. ....	6-54
Ilustración 23- Distribuidor. ....	6-55
Ilustración 24- Colector. ....	6-55
Ilustración 25- Válvula de dos vías.....	6-56
Ilustración 26- Amortiguador final.....	6-56
Ilustración 27-Soporte intermedio.....	6-57
Ilustración 28- Silos.....	6-57
Ilustración 29- Ventilador. ....	6-58
Ilustración 30- Separador ciclónico. ....	6-58
Ilustración 34- Esquema de planta.....	7-70
Ilustración 35-Arco de abrazo y factor de corrección.....	8-81
Ilustración 36 - paso de cangilones.....	8-170
Ilustración 37-Esquema de conexión TT con Neutro. ....	8-212
Ilustración 38- Dimensiones de la estructura.....	8-250
Ilustración 39 Densidades cerámicas en Argentina. IRAM 2184 .....	8-251
Ilustración 40- Esfera rodando sentido longitudinal.....	8-253
Ilustración 41-Esfera rodando sentido transversal Plano A. ....	8-253
Ilustración 42-Esfera rodando sentido transversal Plano B. ....	8-254
Ilustración 43-Esfera rodando sentido transversal Plano C. ....	8-254
Ilustración 44-Arroz sembrado en Entre Ríos. ....	11-289
Ilustración 45-Soja sembrada en Entre Ríos.....	11-289
Ilustración 46- Trigo sembrado en Entre Ríos.....	11-290



Ilustración 47-Capacidad de la planta para arroz Vs producción de la zona. .....	11-291
Ilustración 48-Capacidad de la planta para soja Vs producción de la zona. 11- 291	
Ilustración 49-Capacidad de la planta para trigo Vs producción de la zona. 11- 292	
Ilustración 50- Composición inversión inicial. ....	11-296



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1- Humedad relativa mínima para la germinación de los diferentes hongos	6-31
Tabla 2- Clasificación de los sistemas de secado en función de la temperatura que alcanza el grano en su interior.....	6-32
Tabla 3- Comparación de calidad y rendimiento en sistemas de alta, media y baja temperatura.....	6-32
Tabla 4- Parámetros críticos con sus respectivos valores para minimizar el daño durante el secado a alta temperatura, para diferentes tipos y usos de granos. ....	6-34
Tabla 5- Caudales específicos necesarios para cada propósito.....	6-39
Tabla 6- Característica de materiales. ....	8-72
Tabla 7: Factor de reducción según la inclinación.....	8-72
Tabla 8: Relación entre el diámetro y las velocidades recomendadas. ....	8-72
Tabla 9: Factor de diámetro. ....	8-73
Tabla 10: Factor del buje para colgante. ....	8-74
Tabla 11: Factor por porcentaje de carga del transportador.....	8-74
Tabla 12: Factor de paleta. ....	8-75
Tabla 13: Factor de sobrecarga. ....	8-75
Tabla 14: Margen adicional en función de la potencia. ....	8-76
Tabla 15: Factor de eficiencia de las transmisiones.....	8-76
Tabla 16: Factor de carga.....	8-78
Tabla 17: Desarrollo comercial. ....	8-79
Tabla 18: Distancia de tensad, retensado y montaje. ....	8-80
Tabla 19: Factor de desarrollo.....	8-82
Tabla 20: Potencia nominal por correa. ....	8-83
Tabla 21- Peso específico de materiales ....	8-169
Tabla 22- valores para la ecuación de Euler. ....	8-172
Tabla 23- Detalle de cargas y denominación. ....	8-213
Tabla 24- Cargas en tablero seccional N°1. ....	8-214
Tabla 25- Cargas en tablero seccional N°2. ....	8-214
Tabla 26- Cargas en tablero seccional N°3. ....	8-215
Tabla 27- Cargas en tablero seccional N°4. ....	8-215
Tabla 28- Cargas en tablero seccional N°5. ....	8-215
Tabla 29- Cargas en tablero seccional de Iluminación. ....	8-215
Tabla 30- Cargas en tablero seccional Uso General. ....	8-216
Tabla 31- Tablero general y circuitos ramificados a partir de él. ....	8-216
Tabla 32 - Sección y tipo de cables en los diferentes circuitos.....	8-218
Tabla 33- Sección de conductor de protección. ....	8-219
Tabla 34- Barras tablero principal y seccionales. ....	8-220
Tabla 35- Motor con su respectivo arrancador. ....	8-221
Tabla 36- Impedancia de secuencia directa e inversa motores asíncronos. ....	8-229
Tabla 37- Corrientes de falla.....	8-232
Tabla 38- Interruptores Diferenciales. ....	8-236
Tabla 39- Denominación de los dispositivos de protección y su ubicación. ....	8-239



Tabla 40- Ubicación física y denominación de dispositivos de protección. ....	8-245
Tabla 41- Protecciones para receptores de varias cargas. ....	8-246
Tabla 42- Protecciones motores .....	8-246
Tabla 43- Verificación concordancia entre la protección y el cable. ....	8-248
Tabla 44 - Coeficiente C2 Evaluación de la estructura. IRAM 2184 .....	8-249
Tabla 45- Coeficiente C3 Contenido de la estructura. IRAM 2481 .....	8-249
Tabla 46- Coeficiente C4 Ocupación de la estructura. IRAM 2481 .....	8-249
Tabla 47- Coeficiente C5 consecuencia del impacto del rayo. IRAM 2481 .....	8-250
Tabla 48- Nivel de protección del SPCR. IRAM 2184.....	8-252
Tabla 49- Distancia y método de protección.....	8-253
Tabla 50- Sensores de posición de válvulas de canalización y descarga.....	9-266
Tabla 51- Sensores indicadores de nivel de grano. ....	9-267
Tabla 52- Contactos auxiliares de dispositivos de protección y maniobra. ....	9-268
Tabla 53- Contactos auxiliares de termometría. ....	9-268
Tabla 54- Llaves selectoras para accionamiento manual.....	9-270
Tabla 55- Electroválvulas para comando de pistones. ....	9-272
Tabla 56- Bobinas de accionamiento de dispositivos de protección y maniobra. ....	9-273
Tabla 57- Pilotos de indicación de marcha, falla y posición de válvulas de canalización.....	9-275
Tabla 58- Módulos de entrada 1 y 2.....	9-276
Tabla 59- Módulos de entrada 3 y 4.....	9-277
Tabla 60- Módulos de salida 1 y 2.....	9-278
Tabla 61- Módulos de salida 3 y 4.....	9-278
Tabla 62- Módulo de Salida 5.....	9-279
Tabla 63- Ingresos por producción. ....	11-294
Tabla 64- Inversión Inicial. ....	11-295
Tabla 65- Flujo de Caja.....	11-297
Tabla 66- Periodo de recupero. ....	11-297
Tabla 67- Flujos de Caja Neto y Actualizado. ....	11-298



## ANEXOS GENERALES

- Anexo 1 – Resolución 225 regulación del acopio y acondicionamiento en entre ríos.
  - Anexo 2 – Balanza.
  - Anexo 3 – Volquete hidráulico.
  - Anexo 4 – Limpiadora LZD 60 + PC 60.
  - Anexo 5 – Secadora SCM 3-6 Gas.
  - Anexo 6 – Silos pulmón.
  - Anexo 7 – Silos de acopio.
  - Anexo 8 – Válvulas VLC.
  - Anexo 9 – Motor WEG 12,5 HP.
  - Anexo 10 – Reductor REHV Rattini.
  - Anexo 11 – Correas trapeciales Optibelt.
  - Anexo 12 – Sin Fines.
  - Anexo 13 – Caño estructural redondo (Eje Sin Fin).
  - Anexo 14 – Rodamiento SKF YET 208.
  - Anexo 15 – Soporte rodamiento SKF FYK 208.
  - Anexo 16 – Cilindro neumático Festo 400 mm.
  - Anexo 17 – Motor WEG 5,5 HP.
  - Anexo 18 – Motor WEG 4 HP.
  - Anexo 19 – Cinta ESBELT SPOT 30CC.
  - Anexo 20 – Reductor REHS Rattini.
  - Anexo 21 – Rodamiento SKF 1313 ETN9.
  - Anexo 22 – Soporte rodamiento SKF SNL 516-613.
  - Anexo 23 – Motor WEG 7,5 HP.
  - Anexo 24 – Motor WEG 10 HP.
  - Anexo 25 – Motor WEG 15 HP.
  - Anexo 26 – Generador WEG 106 KVA.
  - Anexo 27 – Conductores de cobre Sintenax Valio. Prysmian.
  - Anexo 28 – Conductor desnudo de cobre MH.
  - Anexo 29 – Barras de cobre Bruker.
  - Anexo 30 – Arrancador suave 4 kW. Schneider Electric.
  - Anexo 31 – Arrancador suave 5,5 kW. Schneider Electric.
  - Anexo 32 – Arrancador suave 11 kW. Schneider Electric.
  - Anexo 33 – Arrancador suave 15 kW. Schneider Electric.
  - Anexo 34 - Unidad De Control Micrologic 4.3. Schneider Electric.
  - Anexo 35 – Bloque Vigi c120. Schneider Electric.
  - Anexo 36 – Interruptor automático NSX 400. Schneider Electric.
  - Anexo 37 – Interruptor automático NSX 160 B Micrologic 4.2. Schneider Electric.
  - Anexo 38 – Interruptor automático NSX 100 B Tmd 80. Schneider Electric.
  - Anexo 39 – Interruptor automático NSX 100 B Tmd 50. Schneider Electric.
  - Anexo 40 – Interruptor automático NSX 100 B Tmd 63. Schneider Electric.
  - Anexo 41 – Interruptor automático Acti9 iC60H 16 A. Schneider Electric.
  - Anexo 42 – Interruptor Manual Ins100. Schneider Electric.
-



- Anexo 43 – Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 40 A. Schneider Electric.
- Anexo 44 – Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 32 A. Schneider Electric.
- Anexo 45 – Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 16 A. Schneider Electric.
- Anexo 46 – Base Potencia 12 A Tesys U. Schneider Electric.
- Anexo 47 – Base Potencia 32 A Tesys U. Schneider Electric.
- Anexo 48 – Unidad de control Estándar 3 12 A Tesys U. Schneider Electric.
- Anexo 49 – Unidad de control Estándar 3 18 A Tesys U. Schneider Electric.
- Anexo 50 – Unidad de control Estándar 3 32 A Tesys U. Schneider Electric.
- Anexo 51 – Banco de capacitores.
- Anexo 52 – Sensor inductivo IGS.
- Anexo 53 – Final de carrera XCKJ. Schneider Electric.
- Anexo 54 – Sensor a paleta rotativa. Vibrotech.
- Anexo 55 – Electroválvula neumática 5/2. Festo.
- Anexo 56 – Electroválvula neumática 5/3. Festo.
- Anexo 57 – PLC y Módulos EH 150 Series. Hitachi.
- Anexo 58 – Compresores de Tornillo. Kaeser.
- Anexo 59 – Tanques de almacenamiento de aire comprimido. Kaeser.



## ANEXOS PLANOS

- Plano 1.1.1 – Silo elevado.
- Plano 1.1.2 – Silo 350 Toneladas.
- Plano 1.1.3 – Silo 1000 Toneladas.
- Plano 1.2 – Ensamble Noria.
- Plano 1.2.1 – Ensamble Bota.
- Plano 1.2.1.1 – Extensión visores.
- Plano 1.2.1.2 – Pies de Noria 1.
- Plano 1.2.1.3 – Pies de Noria 2.
- Plano 1.2.1.4 – Pies de Noria 3.
- Plano 1.2.1.5 – Boca de carga Noria.
- Plano 1.2.1.6 – Rodillo inferior.
- Plano 1.2.1.7 – Tapa visores.
- Plano 1.2.1.8 – Tensor Rodillo.
- Plano 1.2.2.1 – Cabeza 1.
- Plano 1.2.2.2 – Cabeza 2.
- Plano 1.2.2.3 – Cabeza 3.
- Plano 1.2.2.4 – Cabeza 4.
- Plano 1.2.2.5 – Cabeza 5.
- Plano 1.2.2.6 – Cabeza 6.
- Plano 1.2.2.7 – Soporte motor noria.
- Plano 1.2.2.8 – Rodillo superior.
- Plano 1.2.2.9 – Pasarela.
- Plano 1.2.3 – Piernas.
- Plano 1.3.1 – Ensamble Tornillo Helicoidal.
- Plano 1.3.1.1 – Artesa Tornillo Helicoidal.
- Plano 1.3.2 – Ensamble Rosca Extractora.
- Plano 1.3.2.1 – Artesa Rosca Extractora.
- Plano 1.3.2.2 – Bridas.
- Plano 1.3.2.3 – Eje Sin Fin.
- Plano 1.3.2.4 – Espiga inferior.
- Plano 1.3.2.5 – Soporte motor tornillos.
- Plano 1.3.2.6 – Tapa de carga roscas extractoras.
- Plano 1.3.2.7 – Tapa trasera.
- Plano 1.3.2.8 – Unión Pistón - Varilla.
- Plano 1.3.2.8 – Varilla.
- Plano 1.4 – Tablero general.
- Plano 1.5 – Tablero seccional N°1.
- Plano 1.6 – Tablero seccional N°2.
- Plano 1.7 – Tablero seccional N°3.
- Plano 1.8 – Tablero seccional N°4.
- Plano 1.9 – Tablero seccional N°5.



## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el estudio de factibilidad técnica y económica para la ampliación, reorganización y modernización en una planta de acondicionamiento y acopio de granos, ubicada en la zona centro de la provincia de Entre Ríos que, al momento de plantear este trabajo cuenta con capacidades de procesamiento inferiores a las que requiere el mercado. De aquí, la necesidad del cliente de realizar una ampliación y adecuación de la misma para ajustarla a la demanda actual y prever un desarrollo futuro.

El primer punto a abordar es la definición de las capacidades que se desean obtener como resultado de la implementación del proyecto.

Luego, se contempla el rediseño del lay-out de la planta, la selección de nuevos equipos, cálculos eléctricos, mecánicos, neumáticos, automatización y un estudio de factibilidad económica.

Palabras claves: Ampliación – Reingeniería – Acondicionamiento – Acopio – Granos.

## ABSTRACT

The present project consists of the technical and economic feasibility study for the expansion, reorganization and modernization of a grain conditioning and storage plant, located in the central area of the province of Entre Ríos, which, at the time of proposing this work, has processing capacities lower than those required by the market. Hence, the client's need to expand and adapt it to adjust it to current demand and foresee future development.

The first point to address is the definition of the capabilities that are desired to be obtained as a result of the implementation of the project.

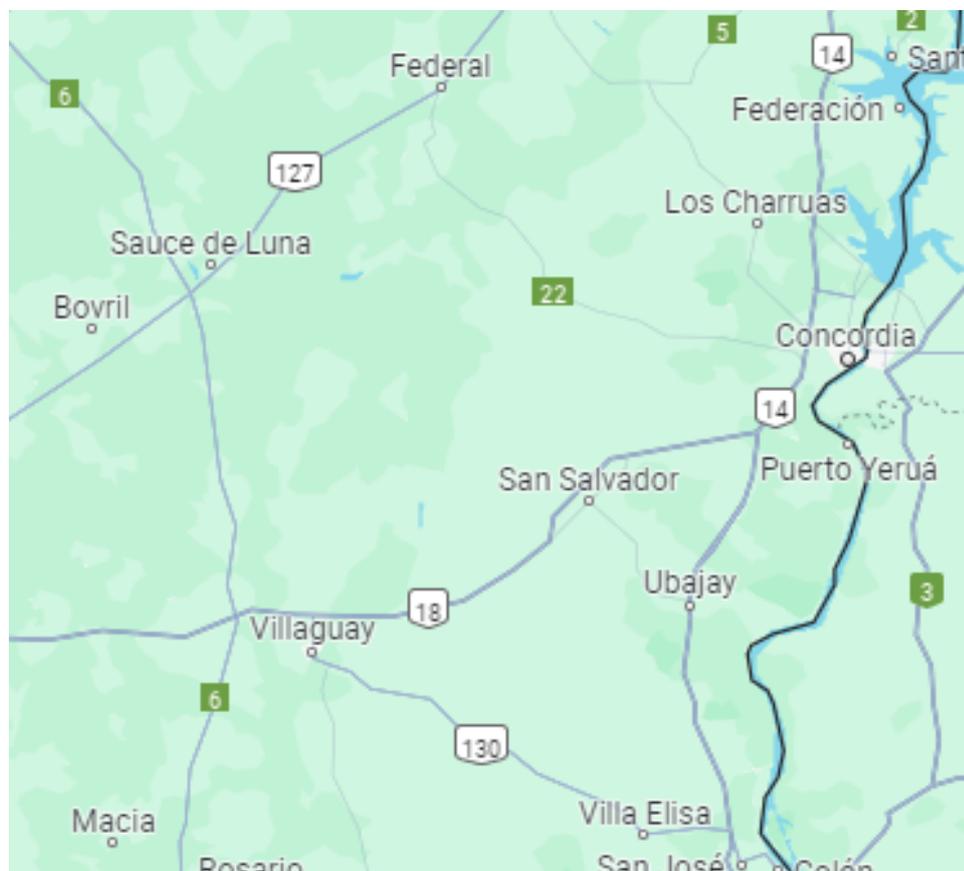
Then, the redesign of the plant layout, the selection of new equipment, electrical, mechanical, pneumatic, automation and an economic feasibility study are considered.



## CAPÍTULO 1 AMPLIACIÓN Y REPLANTEO DE PLANTA DE ACONDICIONAMIENTO DE GRANOS.

La carrera Ingeniería Electromecánica tiene un amplio campo de aplicación, durante el estudio de la misma se adquieren infinidad de conocimientos sobre temas muy amplios y variados; durante la realización del presente proyecto se logra la aplicación e integración de gran parte de ellos.

Este proyecto se basa en el replanteo, ampliación y modernización de una planta de acondicionamiento y acopio de granos. La misma se encuentra ubicada en el centro de Entre Ríos.



*Ilustración 1- Ubicación <sup>1</sup>*

Actualmente la planta cuenta con una capacidad de secado de 45 toneladas por día en el caso de arroz, y 110 toneladas por día de soja o trigo. La capacidad de acopio es de 1000 toneladas en silos y galpones. Se piensan llevar estos valores hasta duplicar la

---

<sup>1</sup> Ilustración obtenida de Google Maps.



capacidad de procesamiento en toneladas por día; con una capacidad de almacenamiento de 2500 toneladas.

También se estudiarán todas las mejoras que permitan obtener, al final del proceso, un grano con buena calidad y la operación de la planta con la mayor eficiencia posible.

Esto involucra la realización del Lay-out de la planta; selección de la balanza, del equipo de secado, del hogar; cálculo y selección de los diferentes transportes; cálculos eléctricos y mecánicos; y cálculos económicos que permiten evaluar la viabilidad del mismo.



## CAPÍTULO 2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El punto de partida de este proyecto se da cuando el dueño de la planta, quien brinda el servicio de acondicionamiento y acopio de granos, no puede procesar, acondicionar y acopiar el volumen de granos que demandan los productores vecinos.

Por este motivo decide realizar el análisis de ampliación y mejoras que permitan aumentar la capacidad operativa de la planta para atender el volumen del mercado y obtener un grano de mayor calidad, de manera más eficiente al final del proceso, lo cual se traduce en el precio final del mismo.

En la actualidad dicha planta cuenta con los siguientes equipos:

- Fosa de recepción.
- Transporte helicoidal de fosa de recepción a tolva de noria para silos de grano húmedo.
- Noria de elevación para silos de granos húmedos.
- Tres silos de grano húmedo.
- Un transporte helicoidal para llevar el grano desde los silos de grano húmedo hasta tolva de noria.
- Noria de elevación para carga de secadora, acopio y carga de cereal en transporte.
- Dos roscas extractoras de grano para los silos de acopio.
- Distribuidor a clapeta, manual de tres vías.
- Dos válvulas de dos vías a clapeta.
- 2 Silos de 350 toneladas.
- Celda de acopio.
- Grupo generador 115 Kva.

Y opera de la siguiente manera:

El grano se descarga del transporte en la fosa de recepción, luego se lleva mediante un transporte helicoidal hacia la tolva de la primera noria que eleva a cada uno de los silos de grano húmedo, cada uno cuenta con un transporte helicoidal en su descarga y llevan el cereal de estos hasta la tolva de la siguiente noria, la cual lo eleva hasta un



distribuidor con el que se direcciona el grano hacia la secadora, silos de acopio, celda de acopio y para la carga del transporte.

Los problemas que más se destacan son los siguientes:

- No se cuenta con equipos para el pesaje de camiones ni de volcadores hidráulicos para la descarga eficiente de los mismos.
- No se cuenta con equipos para la limpieza del grano que se recibe, con lo cual el grano presenta polvo, agentes extraños y un alto porcentaje de grano partido, lo que genera pérdidas por mermas y descuentos ocasionadas por impurezas (hongos, enfermedades, granos partidos, entre otras) y un gasto extra de energía.
- Los equipos de transporte del cereal tienen un gran desgaste producto de su antigüedad, su capacidad se encuentra disminuida y son ineficientes.
- El equipo de secado también es antiguo y es de tipo recíclico, lo que significa que el mismo se carga con cereal y se hace recircular hasta extraer los puntos de humedad necesarios, tiene una capacidad de carga de 30 toneladas. No permite atender la totalidad del grano cosechado por los clientes.
- El horno donde se genera el calor que utiliza la secadora es precario e ineficiente. Utiliza leña como combustible, lo que genera una coloración en el grano que disminuye su calidad.
- La capacidad de acopio no alcanza para la demanda que hay actualmente, perdiendo así potencial de negocio.
- La energía necesaria para el funcionamiento es producida por un grupo generador, ya que no hay acceso a la red eléctrica. Este apenas satisface la potencia instalada, y en momentos en los cuales el consumo es pico, comienza a disminuir sus parámetros nominales.
- La planta no posee ningún tipo de automatización.



## CAPÍTULO 3 ALCANCE

El objetivo principal de la realización de este proyecto es la obtención de una planta que sea capaz de acondicionar entre 60 y 90 toneladas de arroz, y 300 toneladas de soja o trigo por día y tener un acopio de al menos 2.500 toneladas, optimizando todo el proceso, lo que permitirá proteger la calidad del grano desde que ingresa hasta que sale de la planta.

Los alcances del mismo son los siguientes:

- Análisis de los métodos de secado y estudio de las principales características de los granos a acondicionar.
- Rediseño de la planta.
- Rediseño del Lay Out de la planta.
- Determinación de las capacidades óptimas para las necesidades planteadas.
- Determinar la forma de abastecimiento de energía eléctrica.
- Determinar la forma de abastecimiento de energía térmica.
- Cálculo y dimensionamiento de la totalidad de los equipos para el transporte de granos.
- Selección de silos de acopio.
- Diseño y cálculo de la instalación eléctrica.
- Diseño y cálculo de instalación neumática.
- Diseño de automatización.
- Estimación de los costos en equipamientos y costos operativos de la planta.
- Análisis de factibilidad económica.
- Plan de mantenimiento.



## CAPÍTULO 4 PLAN DE TRABAJO

El proyecto está formado por las siguientes etapas:

**Anteproyecto:** 85 días: etapa en la cual se realizará una investigación sobre los temas competentes, metodología, normativas vigentes, equipamiento disponible en el mercado, costos de los mismos; se expondrán las diferentes soluciones, se evaluará cual de todas es la mejor para las condiciones planteadas.

**Análisis de factibilidad:** 20 días: en esta etapa se evaluará si la solución adoptada es factible tanto técnica como económicamente, análisis que se realiza a grandes rasgos ya que los números finos se obtienen en el análisis económico.

**Proyecto fino:** 45 días: o también etapa denominada como *ingeniería de detalle*, acá se realizará el cálculo de cada uno de los puntos del proyecto, incluyendo una memoria de cálculo de todo el equipamiento utilizado, planes de mantenimiento, etc.

**Análisis económico:** 20 días: en esta etapa se realizará un análisis del costo de la inversión y periodo de recupero de la misma.

**Manual:** 25 días: etapa en la cual se plasma el proyecto completo en un manual realizado bajo normas.

**Presentación:** 20 días: realización de la presentación del proyecto para la exposición en público del mismo.



Ilustración 2- Diagrama de Gantt



## CAPÍTULO 5 MARCO LEGAL<sup>2</sup>

Como cualquier otro tipo de actividad industrial, el acondicionamiento y acopio de granos se encuentra regulado por leyes, decretos y resoluciones; su cumplimiento se encuentra a cargo de las entidades gubernamentales.

Con la necesidad de contar con un marco normativo específico que genere pautas claras en la regulación y exigencias de esta actividad, la secretaria de Ambiente de Entre Ríos, en Paraná el día 24 de noviembre de 2016, publica la Resolución N°225 basada en: Ley N°6260/78 de “Prevención y Control de la Contaminación por parte de las Industrias”, Decretos Reglamentarios N°5837/91, N°5394/97, Decreto N°4977/09 de “Impacto ambiental” y su modificatorio, Ley Nacional N°24051/91, Decreto N°831/93, Ley Provincial N°8880/94 de Adhesión a dicha Ley Nacional y Decreto Reglamentario N°603/06 de Residuos Peligrosos.

Se resumen los ítems de interés de dicha resolución, aplicada al presente proyecto:

- Confinar la zona de carga y descarga en un espacio cerrado, provisto de elementos de aspiración y separación de partículas en suspensión, que minimicen la salida al exterior de las mismas.
- Se deberá tener el mismo cuidado que en el ítem anterior en los sistemas de ventilación y aireación; y en el equipo de secado.
- Implementar sistema continuo y documentado de polvo y granza en espacios confinados a fin de minimizar el riesgo de explosión, se debe explicitar el destino final de dicho material.
- Minimizar ruidos molestos.
- Contar con cerco perimetral y cortina forestal.
- Contar con sistema de control de vectores de enfermedades y de especies de plagas.
- Instrumentar un Plan adecuado de Gestión de Residuos Sólidos, explicitando los tipos de desechos y su destino o disposición final.
- Se deberá presentar el Formulario de Presentación (Anexo A de Resolución N°225)

---

<sup>2</sup> Basado en Resolución N°255 publicada por la secretaria de Ambiente de la provincia de E.R.



Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

- Se deberá presentar Informe Ambiental de Cumplimiento concordante con los establecido en el Anexo V del Decreto 4977/09 de Impacto Ambiental, por no encontrarse en área industrial.
- Presentar el proyecto ejecutivo de ampliación para su aprobación previo a la ejecución de obra.

Se adjunta Resolución N°225 en sección anexos – Anexo 1



## CAPÍTULO 6 MARCO TEÓRICO

En este apartado del proyecto presentaremos los fundamentos que sustentan las practicas que se adoptan en el manejo de granos en la etapa posterior a la cosecha.

También se presentarán los equipamientos comunes en este tipo de plantas, los fundamentos técnicos utilizados en el cálculo y determinación de todos los equipos que componen la planta se podrán ver en el apartado Ingeniería de Detalle.

Comenzaremos con lo que refiere al grano.

### Manejo poscosecha.<sup>3</sup>

Una vez que el grano es cosechado, se deben tomar acciones sobre el mismo a la brevedad con el fin de preservar la calidad e inocuidad.

Entiéndase por calidad a propiedades como porcentaje de proteínas, almidón, aceite, calidad panadera, granos dañados, valor nutritivo, entre otras; y por inocuidad, que el alimento no causara ningún daño al consumidor si se consume según lo indicado. El principal esfuerzo que se realice en la poscosecha debe estar orientado a prevenir el desarrollo de hongos e insectos, que son los dos principales enemigos del grano cosechado. A su vez, hay dos variables fundamentales a controlar para evitar la formación de los mismos y son la humedad y temperatura, además es importante que el grano este sano y limpio antes de ingresar al almacenamiento. Cuando decimos limpio, nos referimos a un grano que no contenga tierra, granos partidos, hojas y otras materias extrañas y por sano nos referimos a un grano libre de insectos. Cabe destacar que, si bien la calidad de los granos no mejora durante el almacenamiento, es posible que mediante practicas adecuadas, la reducción de esta sea mínima, y se puedan aprovechar así los beneficios económicos que tiene el acopio.

### Preparación de la planta para la recepción

Es de fundamental importancia que las instalaciones estén en buenas condiciones al momento de recibir la cosecha, las instalaciones deben estar limpias, sin restos de polvo, granos, excrementos, restos de animales, insectos, y otros objetos extraños; esto nos permitirá tener un control de plagas exitoso y se logran granos inocuos. La

---

<sup>3</sup> Basado en las especificaciones del Manual de Buenas prácticas en el manejo poscosecha de granos, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.



limpieza no solo favorece al control de plagas e inocuidad, si no también reduce el riesgo de explosiones que puede producir la presencia de polvo.

La limpieza se debe realizar en todas las estructuras de almacenaje y mecanismos de transporte, en las partes a la vista y en el interior de las mismos.

Complementariamente a las operaciones de limpieza se puede realizar el tratamiento de las instalaciones vacías con insecticidas para prevenir el ingreso de insectos desde el exterior y alguna pequeña población de insectos remanente.

Se deben realizar operaciones de mantenimiento, principalmente la reparación de filtraciones de agua en los silos de almacenamiento y transportes, recordemos que uno de las variables a controlar es la humedad.

### Recepción del grano

Al momento de la recepción del grano es esencial el proceso de inspección y posterior clasificación del mismo según su calidad comercial. Para esto se realiza un muestreo que permita determinar con precisión la calidad. Es fundamental que el muestreo de cada lote recibido, refleje con la mayor exactitud posible las propiedades del lote completo. En base a los resultados obtenidos se decide que acciones tomar sobre ese grano, por eso decimos que es de vital importancia este procedimiento.

### Clasificación de los granos

Al momento de la clasificación de los granos se debe evaluar una serie de características de los mismos para determinar su calidad. Dependiendo del grano corresponderá evaluar peso hectolitro, materias extrañas, granos rotos, granos dañados, acidez y/o materia grasa.

En Argentina, las pautas para la clasificación de los distintos granos se encuentran estipuladas en las Normas Oficiales de Comercialización de Granos.

### Limpieza del grano

La limpieza del grano se realiza mediante el choque de un flujo de aire contra el grano y con zarandas, si dicho proceso se realiza antes de la operación de secado se denomina pre-limpieza.

La finalidad de la limpieza es separar el grano de los elementos indeseables, tales como grano partido, hojas, tierra, y otros agentes extraños. La ventaja de realizarlo en la



recepción del grano, es que hace que el proceso de secado, aireación, transporte, y limpieza de las instalaciones sean más eficientes, demandando menos energía. Además, es una práctica muy importante para prevenir la aparición de hongos y micotoxinas, ya que en la fracción de descarte de la limpieza es donde se encuentra la mayor concentración de esporas de hongos y de micotoxinas.

## Secado

Antes de describir el proceso de secado será útil definir primero algunos conceptos:

- **Humedad:** el concepto de humedad de los granos, hace referencia a la cantidad de agua contenida en los mismos por unidad de masa. Conocer la humedad es fundamental para decidir en cuanto a secar el grano, acondicionarlo, o almacenarlo directamente.
- **Humedad Relativa de Equilibrio:** relación que existe entre la humedad del grano y la humedad relativa del ambiente, para cada valor de humedad del grano, existe un valor de humedad relativa en el cual las presiones de vapor de agua del grano y del ambiente son iguales; en este punto de equilibrio, no hay cambios netos de humedad ni en el grano ni en el espacio intergranario. Cuando la humedad relativa del espacio intergranario es inferior al 67% la mayoría de los hongos no pueden sobrevivir en la masa de granos, a este valor de humedad se lo denomina “humedad relativa de almacenamiento seguro”. A continuación, se expone una tabla con las humedades relativa mínima del espacio intergranario que necesitan las distintas clases de hongos para germinar.



HONGO	HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA PARA GERMINAR (%)	TEMPERATURA DE CRECIMIENTO (°C)		
		Mínima	Óptima	Máxima
<i>Alternaria sp.</i>	91	-3	20	36-40
<i>Aspergillus candidus</i>	75	10	28	44
<i>Aspergillus flavus</i>	82	6-8	36-38	44-46
<i>Aspergillus fumigatus</i>	82	12	37-40	50
<i>Aspergillus glaucus</i>	72	8	25	38
<i>Aspergillus restrictus</i>	71-72	-	-	-
<i>Cephalosporium acremonium</i>	97	8	25	40
<i>Epicoccum sp</i>	91	-3	25	28
<i>Fusarium moniliforme</i>	91	4	28	36
<i>Fusarium graminearum</i>	94	4	25	32
<i>Mucor sp</i>	91	-3	28	36
<i>Nigrospora oryzae</i>	91	4	28	32
<i>Penicillium funiculosum</i>	91	8	30	36
<i>Penicillium oxalicum</i>	86	8	30	36
<i>Penicillium brevicompactum</i>	81	-2	23	30
<i>Penicillium cyclopium</i>	81	-2	23	30
<i>Penicillium viridicatum</i>	81	-2	23	36

Tabla 1- Humedad relativa mínima para la germinación de los diferentes hongos

- Tiempo de almacenamiento seguro: el tiempo máximo que puede ser almacenado un grano, bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura, sin perder su condición de grado. Depende de tres variables:
  - Humedad con la que se almaceno el grano, a mayor humedad menor tiempo.
  - La temperatura del grano, a mayor temperatura para un mismo valor de humedad, menor tiempo.
  - Porcentaje de grano dañado mecánicamente, esto se debe a que son más susceptibles al ataque de hongos e insectos.
- Medición de la humedad: la medición correcta del contenido de humedad a nivel de productores y acopiadores es crítica para tomar decisiones correctas para la conservación del grano durante la poscosecha. Existen diferentes métodos para la medición, El método patrón para la determinación de la humedad es el Brown-Duvel, aunque en la práctica suele utilizarse la estufa como método de referencia. A nivel comercial, los humidímetros de capacitancia son los más empleados gracias a la rapidez del resultado.

El objetivo principal del secado es la reducción de la humedad que trae el grano cosechado, hasta la humedad de almacenamiento seguro, con el fin de lograr una



adecuada conservación. Además, el secado permite reducir la humedad de cosecha de los granos hasta el nivel establecido en las normas de comercialización.

Existen diferentes sistemas de secado, cada uno de ellos con ventajas y desventajas en relación a la calidad final del grano y del rendimiento del equipo de secado, a continuación, se muestra una clasificación de estos sistemas:

Sistema de secado	Estructura de secado	Temperatura que alcanza grano en el interior de la secadora
Baja temperatura	Silo	Temperatura ambiente o 3-8 °C por encima de la temperatura ambiente.
Media temperatura	Silo/secadora	43 °C granos para semillas o consumo humano. 60 °C para granos con destino industrial.
Alta temperatura	Secadora	Mayor a 60 °C.

*Tabla 2- Clasificación de los sistemas de secado en función de la temperatura que alcanza el grano en su interior.*

Cuanto mayor es la temperatura de secado, mayor será el rendimiento de la secadora; sin embargo, mayor será también la temperatura que alcanza el grano, la tasa de secado y el riesgo de afectar la calidad.

Parámetro	Temperatura de secado		
	Alta	Media	Baja
Calidad	Estándar	Buena	Muy buena
Rendimiento	Alto	Medio	Bajo

*Tabla 3- Comparación de calidad y rendimiento en sistemas de alta, media y baja temperatura.*

#### Secado a alta temperatura

Las secadoras de alta temperatura o alta capacidad pueden clasificarse en tres grupos según la dirección del flujo del aire caliente y del grano en su interior: columnas de flujo cruzado, caballetes o columnas de flujo mixto.



Flujo de grano y aire en distintos tipos de secadoras

■ Grano ■ Aire caliente ■ Chapa

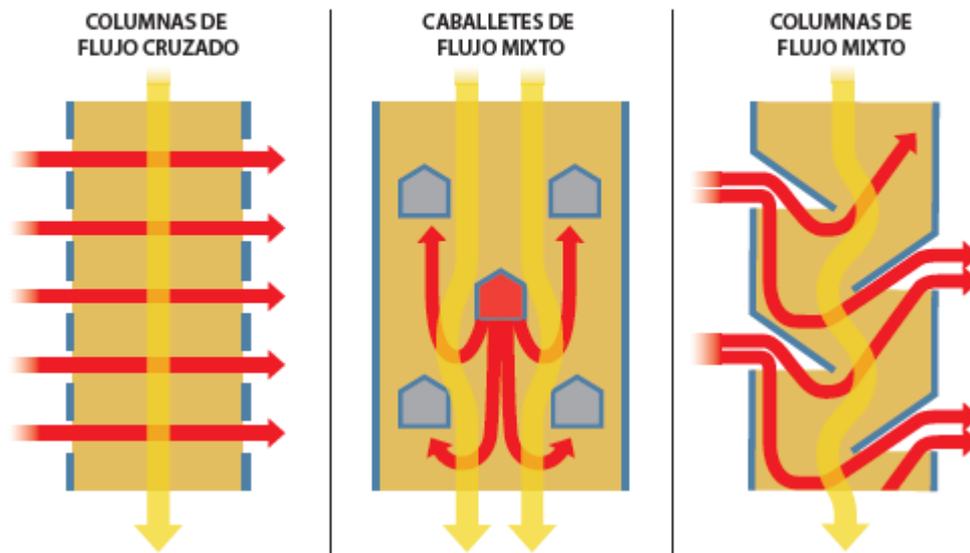


Ilustración 3- Tipos de secadoras de alta temperatura

Como se observa, en las de flujo cruzado, el grano circula perpendicular al flujo de aire, la principal desventaja que tiene este sistema es que el grano que está más cercano a la pared por donde ingresa el aire sufre un sobrecalentamiento y sobresecado respecto al grano cercano a la pared por donde sale el aire de la columna del secado; por eso se debe ajustar muy bien la temperatura en la máquina para que no se produzcan problemas de desuniformidad de secado. Una práctica común es la inversión en el sentido de aire en la mitad de la columna del secado.

En las secadoras de caballetes el secado es más homogéneo y permiten trabajar con mayores temperaturas, pero por sus características de diseño, son más propensas al riesgo de explosión.

Las secadoras de flujo mixto poseen las cualidades de una secadora de caballetes en cuanto a la uniformidad del secado, y al mismo tiempo las ventajas de una secadora de columna respecto a la simpleza del diseño y el bajo desgaste.

En estos sistemas la calidad final del grano puede verse afectada por múltiples parámetros del proceso: temperatura excesiva del grano dentro de la secadora, tiempo de exposición demasiado prolongado a la alta temperatura, elevada tasa de secado y/o elevada tasa de enfriamiento (enfriado rápido). El tipo de daño a la calidad dependerá del grano y de uso final.



Grano	Uso Final	Parámetro crítico	Valor del parámetro
Maíz	Molienda Seca y Semillas	Tasa de secado y enfriado	< 3%/hora y enfriado lento
	Molienda Húmeda	Tasa de secado y enfriado	< 4%/hora y enfriado lento
	Alimento Balanceado	Temperatura máxima	71 - 82 °C
Trigo	Semilla (más de 24% de humedad)	Temperatura máxima	43 °C
	Semilla (menos de 24% de humedad)	Temperatura máxima	49 °C
	Harina (pan)	Temperatura máxima	43-49 °C
Soja	Semilla	Temperatura máxima	38 °C
	Aceite	Temperatura máxima y tasa de secado	49 °C <3%/hora
Girasol	Confitero	Temperatura máxima	60 -77 °C
	Aceite	Temperatura máxima	77- 91°C
Arroz	Molienda (>20%)	Tasa secado	<2%/hora
	Molienda (<20%)	Tasa secado	2% hora
Cebada	Maltería	Temperatura máxima	41- 49 °C
	Forraje	Temperatura máxima	74 - 85 °C

*Tabla 4- Parámetros críticos con sus respectivos valores para minimizar el daño durante el secado a alta temperatura, para diferentes tipos y usos de granos.*

Para realizar un control de la calidad del secado a alta temperatura, es recomendable controlar la temperatura del aire de secado mediante la instalación de sensores de temperatura en el interior de la cámara de secado y también controlar la temperatura del grano en el punto donde se prevé que alcance la temperatura máxima.

Recomendaciones para el secado con alta temperatura:

- Controlar la temperatura máxima del grano y la tasa de secado para cada tipo de grano y el uso final al que está destinado.
- Las secadoras de caballetes y las de columnas de flujo mixto permiten realizar un secado más homogéneo.
- En lotes de granos muy húmedos, realizar el secado en dos o más pasadas para obtener una mayor calidad final del grano y aumentar la eficiencia del proceso.
- Para medir humedad del grano luego del secado, conviene dejar reposar previamente la muestra.

#### Secado a baja temperatura

Es un sistema de secado que prioriza la calidad final del grano por sobre el rendimiento del proceso. La baja temperatura del aire de secado garantiza que la calidad del grano



no se vea afectada por estrés térmico ni por una elevada tasa de extracción de humedad. Logra un secado más homogéneo en la masa total de granos. El secado se realiza en silos, utilizando aire ambiente o calentado solo entre 3 y 8 °C por encima; y los caudales específicos utilizados entre 1 y 3 metros cúbicos por minuto por cada tonelada. Es recomendable que el contenido de humedad inicial no supere los 20 puntos, debido a que el secado lleva aproximadamente 30 días. Es importante destacar que el tiempo de secado y el consumo energético, dependerá mucho de la condición climática y la ubicación geográfica, es por esto que se recomienda la utilización de una estación meteorológica en las instalaciones.

*El aire de secado utilizado por este sistema está a temperatura ambiente o apenas calentado por un quemador.*



*Ilustración 4- Sistema de secado con baja temperatura.*

Recomendaciones para el secado con aire natural/baja temperatura:

- Caudal específico entre 1 y 3 metros cúbicos por minuto y por tonelada.
- Humedad límite 20%
- El tiempo de secado no debe exceder el tiempo de almacenamiento seguro para la condición de temperatura y humedad dada.
- La utilización del quemador y del controlador automático son indispensables para maximizar la calidad del grano y el tiempo de secado.
- Realizar limpieza del grano antes del secado.
- Una vez llenado el silo, nivelar y descorazonar.
- Tomar muestras para verificar el frente de secado.

Es de importante hacer un análisis detenido en el método a implementar en el secado de cada tipo de granos, ya que es fundamental en la calidad final del grano, el este



proyecto el proceso de secado variara dependiendo el grano, en el caso del arroz, al mismo se le extraerá el porcentaje de humedad deseado en al menos 4 pasadas por la secadora, con un tiempo de estabilización en el gradiente de humedad y temperatura del grano de aproximadamente 6 horas entre pasadas, esto permite no alterar la el valor nutritivo del mismo. En el caso de los demás granos como la soja en donde el porcentaje de humedad a extraer es menor, se evaluará cual es número óptimo de pasadas.

### Llenado de silos

Cuando se llena el silo, el material fino compuesto por granos partidos, polvo, entre otros, tiende a acumularse en la columna central del mismo, esto provoca varios inconvenientes. El material fino ofrece una mayor resistencia al paso del aire, y tiende a canalizarse hacia la periferia del silo, la falta de aireación en el centro facilita el desarrollo de insectos, hongos y toxinas en esa zona, al mismo tiempo que el mayor caudal de aire en los laterales puede sobresecar los granos de la periferia. Para mitigar estos inconvenientes se utilizan prácticas como realizar la limpieza del grano antes de ingresarlo al silo, nivelar y descorazonar el silo o instalar desparramadores de granos.

### Descorazonado

Proceso que consiste en extraer la columna central del grano almacenado hasta invertir levemente el pico, el volumen a extraer es aproximadamente 3% del total almacenado. Este porcentaje de grano extraído se le debe realizar un tratamiento de limpieza o comercializarlo de otra manera, no se debe volver a recircular en silos sin aplicar ninguna operación, sino sería un movimiento en vano.



*El proceso de descorazonado invierte el pico de granos y ayuda a nivelar la superficie.*



*Ilustración 5- Descorazonado de Silo*

### Desparramado del material fino

Consiste en la instalación de un dispositivo desparramador en el ingreso del silo, el mismo distribuye uniformemente el material fino en la masa de granos. Estos equipos deben ser eficaces ya que de lo contrario forman un anillo de material fino entre el centro y las paredes del silo, provocando los mismos inconvenientes que sin este equipo, y además sin poder hacer un descorazonado luego.

### Nivelado de la superficie

Es importante nivelar la superficie del granel para evitar la formación del pico típico. La mayor altura del granel en la zona del pico provoca la canalización del aire hacia los laterales del silo, dificultando la aireación de la zona central y poniéndola en riesgo.

### Nivelado

*El proceso de nivelado de la superficie del granel es imprescindible en silos destinados al secado del grano.*



*Ilustración 6- Nivelado de silos*



## Sobrellenado

Cuando el silo se llena más allá de su capacidad óptima, también se produce una diferencia de altura que dificulta la aireación, además de otros efectos indeseables como el grano amohosado en la pared y problemas para monitorear la superficie.

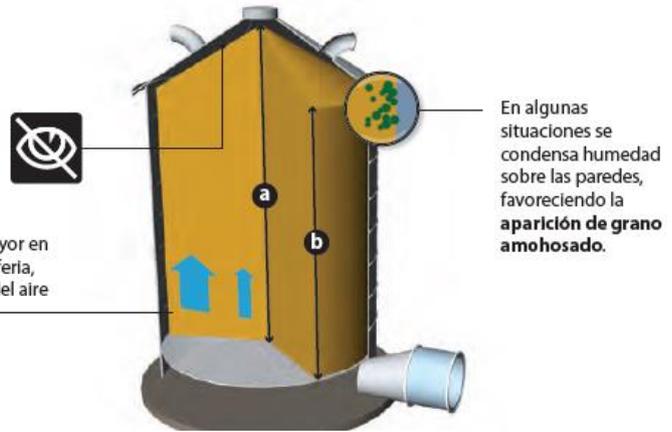
### Sobrellenado

*Cuando el silo se llena superando el nivel recomendado, la aireación se vuelve ineficiente y aparecen otros efectos no deseados.*

**Monitoreo**  
Resulta imposible inspeccionar la superficie del granel por falta de espacio suficiente.

**Diferencia de altura**  
La altura del granel, mayor en el centro que en la periferia, canaliza la circulación del aire hacia la periferia.

**a > b**



*Ilustración 7- Sobrellenado del silo*

## Aireación

El proceso de aireación consiste en forzar la circulación de aire ambiente a través de la masa de granos, es una práctica fundamental para mantener la calidad de los granos durante el almacenamiento ya que permite mantener baja y uniforme la temperatura del granel, lo cual disminuye la posibilidad de desarrollo de insectos y hongos.

La función principal es enfriar y mantener frío el grano seco, pero en ocasiones se lo puede utilizar para mantener el grano húmedo en buenas condiciones (por ejemplo, cuando se recibe una cantidad de grano que no se puede secar a la brevedad, se lo airea para mantenerlo en buenas condiciones hasta poder secarlo) y acondicionamiento por humedad (cuando la humedad se encuentra muy próxima a la humedad de recibo).

## Caudal específico

El caudal específico, nos indica el volumen de aire que recibe una tonelada de grano por minuto, independizando al ventilador del tamaño del silo.

*Caudal específico*

*= caudal entregado por el ventilador / peso de grano almacenado*



El Caudal Específico se debe medir periódicamente para asegurarse que es adecuado para el propósito de la aireación y dependerá de este último.

	Propósito	Caudal Específico
<b>Enfriar grano seco</b>	Enfriar y controlar pequeños cambios de temperatura	Bajo: 0,05 - 0,25m <sup>3</sup> /min.ton Típicamente, 0,1m <sup>3</sup> /min.ton
<b>Acondicionamiento</b>	Uniformar humedad de los granos o reducir en 1 o 2%	Intermedio: 0,25 - 0,5m <sup>3</sup> /min.ton
<b>Mantenimiento de grano húmedo por breve período</b>	Evitar el deterioro del grano por un breve lapso de tiempo	Alto: Mayor a 0,5 m <sup>3</sup> /min.ton

Tabla 5- Caudales específicos necesarios para cada propósito.

En la aireación se pueden usar sistemas con presión positiva o negativa; en el primero de los casos el aire frío es impulsado por los ventiladores y circula por la masa de grano en sentido ascendente, hasta salir por las aberturas del techo; en el segundo caso, el aire frío es aspirado por los ventiladores, el aire ingresa por las aberturas del techo y recorre la masa de granos en sentido descendente. Estando correctamente dimensionados ambos sistemas son efectivos. Nunca se debe cambiar de un sistema al otro en la mitad de un Ciclo de Aireación, ni cambiar el sentido de giro de las paletas del ventilador.

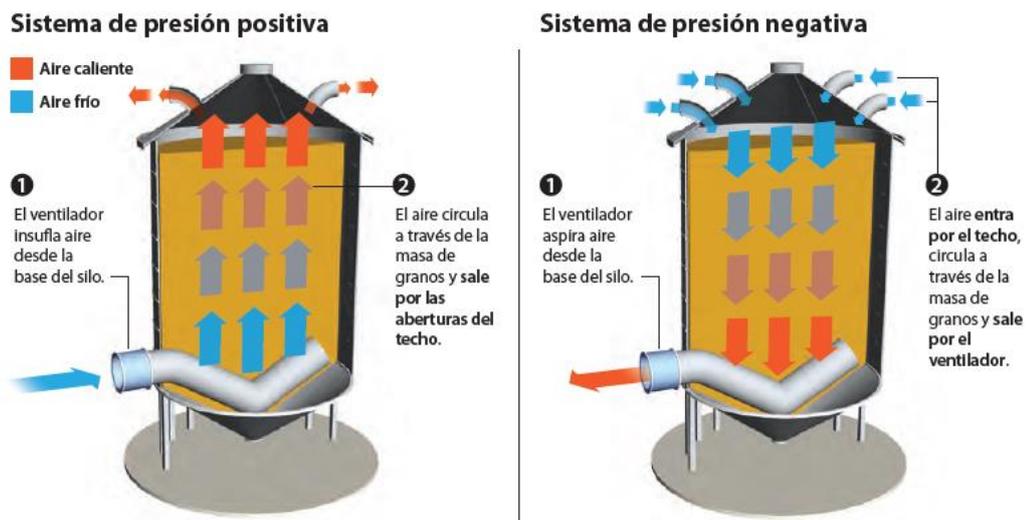


Ilustración 8- Sistemas de aireación.



Ventajas y desventajas de cada sistema:

Presión positiva:

Ventajas:

- Permite un mejor control de la mercadería en caso de problemas de descomposición, pues éstos suelen ocurrir en la parte superior del silo. Generalmente, estos problemas pueden detectarse de forma temprana mediante inspección visual de la superficie del granel y en caso necesario, resulta más sencillo descargar la zona afectada.
- Permite la adición de nuevas capas de grano caliente sin que el calor sea impulsado a través del grano que ha sido previamente enfriado.
- La distribución del aire en silos y celdas de baja altura de granos resulta más uniforme.
- Se producen menos obstrucciones de los pisos perforados y conductos de aireación gracias a que el material fino es expulsado hacia afuera por el aire.
- Se requiere menor superficie abierta en el techo y menor diámetro de conductos de aireación.

Desventajas:

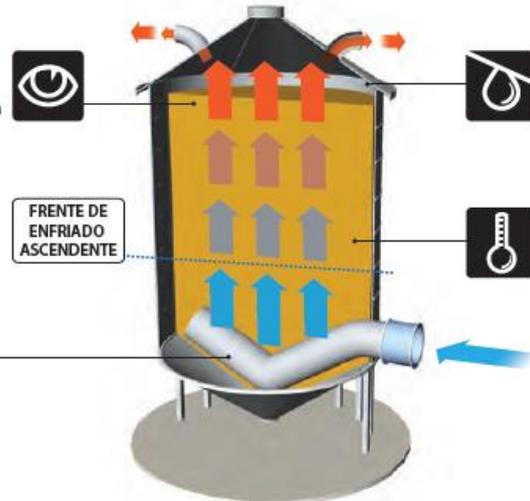
- Suele presentar problemas de condensación en el techo del silo, que pueden solucionarse con una adecuada cantidad de bocas de venteo en el techo y/o colocando extractores de aire.
- Si no se cuenta con un sistema de termometría, es complejo monitorear el avance del frente de enfriado pues se debe medir la temperatura del grano en la superficie del granel.
- Al insuflar el aire, el ventilador lo calienta debido a la compresión. En silos pequeños, el aumento de temperatura del aire puede ser de 1 a 2°C; en silos de gran altura, entre 3 y 5°C. El aumento de temperatura del aire posee un doble efecto: por un lado, retrasa el enfriamiento de los granos; por otro lado, provoca una disminución de la humedad relativa del aire que ingresa al sistema que resulta en un mayor riesgo de sobresecar la mercadería. En sistemas de Presión Estática superior a 2000 pascales (silos muy altos) se recomienda trabajar con presión negativa por este motivo.



### Sistema de presión positiva

#### PRINCIPALES VENTAJAS

- ◆ **Inspección visual**  
Fácil detección y manejo de problemas de **descomposición** por presentarse en la capa superior del granel, ya que es la última en enfriarse.
- ◆ Se puede **agregar nuevas capas de grano** caliente sin que afecte la temperatura del grano ya enfriado.
- ◆ Menos obstrucciones en **pisos perforados y ductos** al impulsar el material fino hacia fuera del ducto.
- ◆ Distribución de aire más homogénea.



■ Aire frío ■ Aire caliente

#### PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ◆ Puede haber **condensación** en el techo del silo.
- ◆ Sin un sistema de **termometría** es complejo monitorear el avance del frente de enfriado.
- ◆ El ventilador **aumenta la temperatura del aire** debido a la compresión. Este efecto es de importancia en silos de gran altura

Ilustración 9- Ventajas y desventajas de sistema con presión positiva.

Presión negativa:

Ventajas:

- Presentan menores problemas de condensación en el techo del recinto.
- Es sencillo monitorear el avance del frente de enfriado, midiendo la temperatura del aire que sale del ventilador en la base del silo.
- Puede ser más efectivo en la prevención de los insectos, ya que la capa más susceptible a la infestación (la superficie) es la primera en enfriarse.
- No se calienta el aire por la compresión del ventilador.

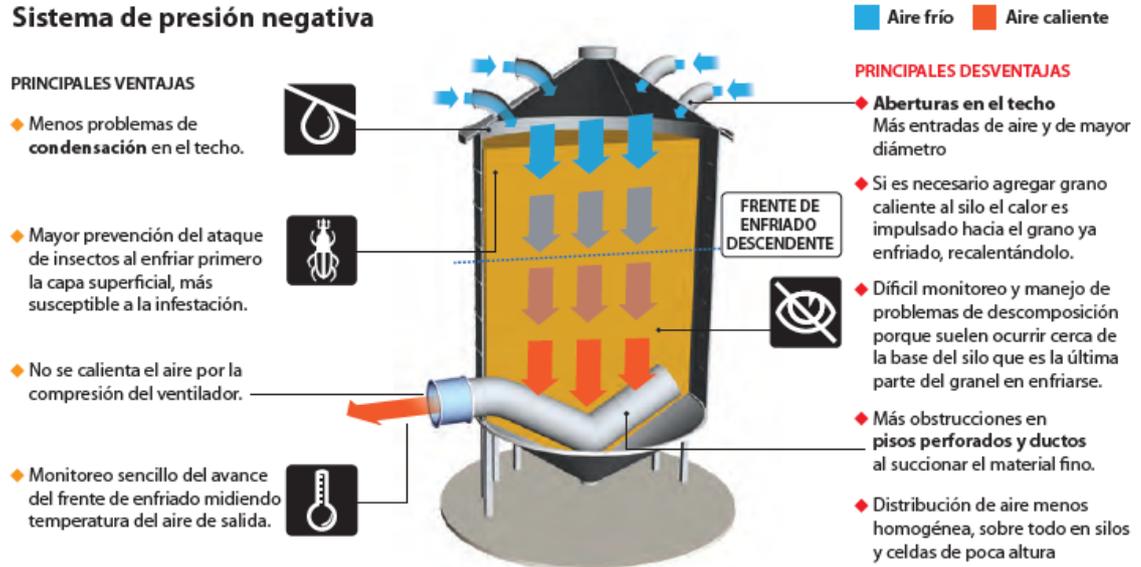
Desventajas:

- Los problemas de descomposición del grano son más difíciles de manejar dado que suelen ocurrir cerca de la base del silo, que es la última capa en enfriarse. A esto se suma una mayor dificultad para monitorear la condición del grano en dicha zona.
- Requieren mayores superficies abiertas en el techo y mayores diámetros de conductos respecto de sistemas de presión positiva para limitar pérdidas de presión excesivas.
- Presentan mayor riesgo de daño en el techo debido al vacío cuando las entradas de aire están obstruidas o congeladas.



- No es recomendable agregar grano caliente en la superficie, ya que el calor es impulsado hacia abajo a través del grano que ya está frío.

### Sistema de presión negativa



*Ilustración 10- Ventajas y desventajas de sistema con presión negativa.*

### Duración del ciclo de aireación

La duración de un ciclo de aireación, que se mide en horas de funcionamiento del ventilador, depende de varios factores, pero fundamentalmente del caudal específico; a mayor caudal específico, menor tiempo tendrá el ciclo de aireación.

$$\text{Duracion de un Ciclo de Aireacion} = 16,5 / \text{Caudal especifico}$$

También hay que tener en cuenta otros factores como:

- Diferencia de temperatura entre la masa de grano y el aire ambiente utilizado.
- El tipo de grano.
- Cantidad y distribución del material fino.
- El sistema de distribución de aire. Un buen sistema es aquel capaz de garantizar que el frente de enfriamiento sea uniforme por toda la masa de granos.

La forma más eficiente de realizar el enfriamiento de los granos, es seleccionando las horas más frescas del día para encender el ventilador y no funcionando de forma



continúa; con esto se logra enfriar el grano en menos días, disminuyendo el riesgo de deterioro, se ahorra energía y se prolonga la vida útil del ventilador.

### Termometría

La medición de temperatura de los granos almacenados en silos es una práctica fundamental, ya que un aumento anómalo de la temperatura dentro del silo se relaciona directamente con un aumento de la actividad biológica de hongos, insectos y/o de los propios granos almacenados, todo lo cual implica pérdida de calidad; además podría ocurrir el caso que producto del aumento de la temperatura se pueda producir la combustión espontánea del grano, quemándose así parte de él e inclusive provocar una explosión del silo que lo contiene por el aumento de la presión interna.



## Equipamientos comunes en plantas de acondicionamiento y acopio<sup>4</sup>

En una planta de acondicionamiento y acopio de granos, además de los equipos propios del acondicionamiento como lo son los de limpieza, secado y celdas de almacenamiento; son de vital importancia los equipos que se utilizan para el movimiento del grano desde el arribo a la planta hasta su despacho.

A continuación, se menciona y describe brevemente el equipamiento común.

### Bascula para el pesado de camiones

Equipo que se utiliza para determinar el peso de la carga al momento del despacho y recepción del grano. Constructivamente está formada por una estructura metálica y módulos de hormigón armado vinculados todos entre sí; poseen varias celdas de carga, estas envían una señal electrónica dependiendo de su deformación, la información se combina en una central de proceso de datos y mediante una computadora o pantalla se lee el peso de la carga.



*Ilustración 11- Bascula para pesado de camiones.<sup>5</sup>*

<sup>4</sup> Las imágenes utilizadas son solo a modo ilustrativo.

<sup>5</sup> Ilustración brindada por fabricante en su cotización.



### Sonda de calado

Es una herramienta que se utiliza para tomar muestras de granos en recipientes de profundidad. Su finalidad es tomar muestras que sean representativas del granel, con las que luego se pueda determinar las características de la totalidad de la carga; y tomar las decisiones adecuadas.

Los mismos pueden ser manuales, o automáticos.



*Ilustración 12- Calador Sonda Manual.<sup>6</sup>*



*Ilustración 13- Calador Automático.<sup>7</sup>*

---

<sup>6</sup> Ilustración extraída de <https://bo.all.biz/calador-a2t-1800-g9644>.

<sup>7</sup> Ilustración extraída de <https://jlc-ingenieria.com.ar/index.php/producto/caladores-hidraulicos/>.

---



### Plataforma volcadora hidráulica

Estas plataformas hidráulicas se utilizan para darle un ángulo de inclinación a los camiones que traen el grano a la planta, provocando que el mismo se descargue por acción de la gravedad. Es un método de descarga seguro, rápido y que no provoca daños en el grano. Consisten en una plataforma de acero, que pivotea sobre un eje fijo a nivel del suelo y el otro extremo solidario a dos cilindros hidráulicos telescópicos que lo elevan. Los cilindros son accionados por una bomba hidráulica a la cual se le suministra fuerza motriz mediante un motor eléctrico.



*Ilustración 14- Plataforma volcadora hidráulica.<sup>8</sup>*

### Prelimpieza de choque

Equipo cuya función es extraer polvos y cuerpos extraños livianos que acompañen el grano. Consiste en un ventilador centrífugo accionado por un motor eléctrico, la masa de aire atraviesa a la masa de grano que se encuentra en circulación por dentro del equipo, y arrastra consigo el polvo y cuerpos extraños livianos y los conduce a un

---

<sup>8</sup> Ilustración extraída de <https://www.agrofy.com.ar/volcadora-hidraulica-descarga-de-semiremolques.html>.



ciclón decantador que se será el encargado de separar el aire de la suciedad extraída al grano.



*Ilustración 15- Prelimpieza de choque.<sup>9</sup>*

### Limpiadora zarandeadora de granos

Estas cumplen un rol fundamental en el proceso de acondicionamiento, separando los granos respecto de las impurezas. Esta separación, por diferencia de tamaño, la realiza a través de un sistema dosificador regulable a las distintas zarandas que componen el cuerpo principal. Las mismas están calibradas de acuerdo al tipo y tamaño del grano, de manera que sólo pasen a través de sus perforaciones todas aquellas partículas más pequeñas. Las partículas más grandes son retenidas por la zaranda. La oscilación de las zarandas imprime a la masa de grano el movimiento necesario para la limpieza, recorriendo un camino descendente hasta la tolva de salida, las impurezas caen por un sistema de bandejas hacia los laterales, donde son recogidas posteriormente.

---

<sup>9</sup> Ilustración brindada por fabricante en cotización.



*Ilustración 16- Limpiadora de zaranda.<sup>10</sup>*

### Secadora

Este equipo es mediante el cual se realiza el proceso de secado que se describió anteriormente en el manejo del grano poscosecha.

Existen varios tipos de equipos de secado, se describe un equipo de flujo continuo, que es a fin a este proyecto.

El equipo consta de una tolva de alimentación en la parte superior, el grano comienza a descender y atraviesa la columna de secado, parte en la cual el grano es atravesado por una corriente de aire caliente propulsada por ventiladores axiales. Luego el grano sigue descendiendo hasta la columna de enfriamiento, en este sector se enfría el grano haciendo que una columna de aire frío (ambiente) lo atravesase, aire también impulsado por un ventilador axial. El equipo de secado generalmente opera como se describió anteriormente, modalidad llamada con enfriamiento en secadora, o como todo calor, para este último constan de una válvula de simple efecto que canaliza aire también caliente a la columna que antes se utilizaba como de enfriamiento. Para finalizar el grano sigue su camino descendente hasta la boca de descarga.

---

<sup>10</sup> Ilustración brindada por fabricante en cotización.



Al aire caliente utilizado para el secado, se le suministra calor para elevar su temperatura mediante lo que se denomina hogares, su construcción depende del combustible utilizado. Comúnmente se utiliza gas natural, gas oíl, leña, biomasa, carbón, entre otros; la elección de uno u otro depende de los costos que implica la implementación dependiendo la ubicación de cada planta y los recursos disponibles.

El aire, luego de haber atravesado el flujo de granos, lleva consigo todo el material fino que contenía el grano, suciedad, impurezas, polvo, entre otros, que deben ser separados antes de liberarlos al ambiente, por eso a la salida del mismo se instala un depurador ciclónico de impurezas.



*Ilustración 17- Secadora de flujo continuo.<sup>11</sup>*

### Transportes helicoidales

Estos equipos, también denominados como tornillo sin fin, o en la jerga común del ámbito de este proyecto como “chimango”, se utilizan para transportar materiales a granel, por ser una de las formas más confiables y rentables. Es una máquina muy versátil, puede manejar una amplia variedad de materiales, desde materiales secos y de flujo libre, hasta materiales húmedos y lentos. Generalmente, consisten en un canal o tubo que contiene una hélice espiral enrollada alrededor de un eje, impulsada por un extremo y sujeta por el otro, o una " espiral sin eje ", impulsada por un extremo y libre

---

<sup>11</sup> Ilustración extraída de <https://maquinac.com/empresas/cedar/>.



en el otro. La velocidad de transferencia de volumen es proporcional a la velocidad de rotación del eje. Los transportadores de tornillo se pueden operar con el flujo de material inclinado hacia arriba. Cuando el espacio lo permite, este es un método muy económico de elevar y transportar, aunque a medida que aumenta el ángulo de inclinación, la capacidad de transporte se va reduciendo rápidamente.



*Ilustración 18- Transporte Helicoidal.*

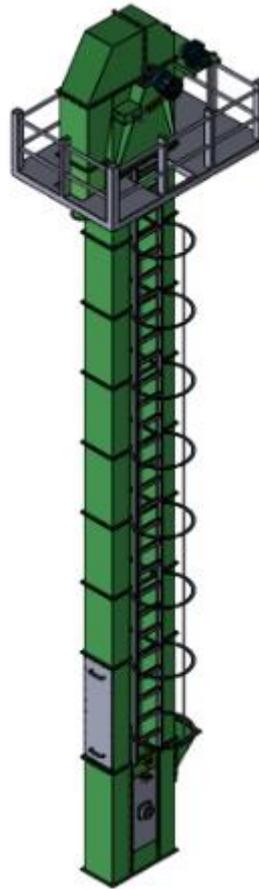
### Elevador de Cangilones

También denominado como “Noria”, es un equipo utilizado para el transporte de materiales a granel en dirección vertical, aunque eventualmente también se lo utiliza con otras inclinaciones. Cuentan con un órgano de tracción, que puede ser una banda o cadenas, a las cuales se fijan los cangilones (recipiente que se encarga de transportar el material) para movilizarlos alrededor de un tambor motriz, ubicado en la parte superior de la maquina y uno de tensado, ubicado en la parte inferior; todo el sistema se encuentra cubierto por una armadura metálica para protección del mecanismo. En la parte superior de la armadura se encuentra un sistema propulsor, que es un motor eléctrico, mientras que en su parte inferior se encuentra situado el sistema de tensado.



El transporte lo hacen de manera continua desde la parte inferior de la máquina hasta el final del elevador, por lo que no cuentan con entradas o salidas en puntos intermedios.

Dependiendo de la aplicación del elevador de cangilones tienen diferentes tipos de carga (desde tolva, o por dragado) y de descarga (centrífuga, por gravedad o positiva).



*Ilustración 19- Elevador de cangilones.*

### Cinta transportadora

Son sistemas de transportes autónomos que sirven para realizar la logística del material a granel dentro del proceso productivo; en otras palabras, son responsables de transportar, elevar y distribuir el material de un punto hacia otro. Dentro de los beneficios que tiene su uso, se destacan que pueden trasladar material de manera continua, no necesita operarios para realizar la tarea, bajo costo de mantenimiento y bajo consumo energético, lo cual la hace un equipo muy eficiente. Cabe destacar que en el caso de este proyecto en donde se manejan granos, la utilización de este tipo de transporte es el que menos daño le provoca al material a transportar.



Básicamente está compuesta por una estructura metálica portante denominada chasis o bastidor, un tambor motriz, un tambor de retorno, en ocasiones un tambor de ajuste o tensado, rodillos, una banda transportadora y el motor de accionamiento.

La banda es el elemento principal de la cinta transportadora. Son los elementos que soportan el material y que lo desplazan de un punto a otro, pueden estar fabricadas en distintos tipos de materiales según lo que tengan que trasladar.

Los tambores, los rodillos y el motor que generalmente es eléctrico, conforman el sistema de transmisión. El motor eléctrico, es el que imprime en el movimiento al tambor motriz y al tambor de retorno o conducido, que son sobre los cuales gira la banda transportadora. A lo largo de la construcción nos encontramos con una serie de rodillos que mantienen el peso de la cinta, así como su tensión. En algunas cintas transportadoras, entre ambos tambores nos encontramos con un tercer tipo que se denomina tambor de ajuste. Se encuentra instalado a otra altura diferente a los anteriores. Su función es hacer de tensor, para evitar que la cinta se deforme.

El chasis o bastidor, es la estructura metálica en donde se montan todos los demás elementos que forman la cinta transportadora, los rodillos, los tambores, la banda transportadora, el motor, y a veces elementos auxiliares que no son parte propia del equipo, tales como tolvas. Motivo por el cual debe ser muy resistente para aguantar todo el peso y para servir de columna central de todo este equipo.



*Ilustración 20- Cinta Transportadora.<sup>12</sup>*

---

<sup>12</sup> Ilustración extraída de <https://www.rudnick-enners.com/es/productos/tecnica-de-transporte/cintas-transport-adores/index.html>.



### Transporte a cadena Redler

Este es un tipo de transporte con un funcionamiento similar al de una cinta transportadora, con algunas ventajas, son estancos, limpios y no producen vertidos. Tanto el viento como la lluvia no afectan al producto transportado, por lo cual son ideales para el uso en la intemperie sin importar las condiciones climáticas.

Admiten quiebros ascendentes y descendentes y superan grandes pendientes. Pueden colocarse bocas de salida intermedias que junto a tajaderas de accionamiento manual o neumático permiten descargar el producto en varios puntos.

Está constituido por tramos en chapa de acero al carbono o inoxidable que se unen mediante bridas, lo que permite la fabricación de transportadores de cualquier medida, en función del caudal y del producto a transportar pueden fabricarse con una cadena de arrastre o con doble cadena. En el tramo de cabeza se sitúa el conjunto motriz compuesto por una o dos coronas dentadas accionadas mediante un motor-reductor que transmite el movimiento por piñones y cadenas. En el tramo de cola se sitúa el conjunto tensor compuesto por una o dos coronas lisas (o dentadas) unidas al eje tensor y un sistema de tensado.

Las cadenas de transporte se elegirán en función del producto a transportar de la producción del transportador y de su longitud, en calidad de acero al carbono o de acero inoxidable.



*Ilustración 21- Transporte a cadena Redler.<sup>13</sup>*

<sup>13</sup> Ilustración extraída de <https://www.bacalinihilos.com/prod-redlers.html>.



## Tubo

Se denominan así a los tubos metálicos que canalizan el grano desde los distribuidores, válvulas, y otros elementos de canalización, hasta el silo, secadora, u otro proceso que se requiera. El cereal recorre a los mismos por acción de la gravedad, es por esto que se requiere que los mismos posean un ángulo de inclinación mínimo de 45°, esto nos garantiza la disminución de los atascamientos de grano en su interior. Generalmente están fabricados en acero SAE 1010 y SAE 1045.



*Ilustración 22-A Tubos de Canalización.<sup>14</sup>*

## Distribuidor

Dispositivo que se utiliza para direccionar el flujo de granos desde la descarga del elevador de cangilones hasta donde se desee. En una planta de acondicionamiento y acopio de granos, a este último hay que elevarlo prácticamente para todos los procesos que se le realicen, no es económicamente factible emplear un elevador distinto para cada proceso, lo que se realiza en la medida de lo posible, cuando la sinergia del proceso lo permita, es utilizar un mismo elevador con un distribuidor en su descarga, que luego canaliza el grano hacia el proceso deseado. Los mismos pueden ser alimentado por una o más bocas y cuentan con tantas salidas como procesos y/o silos se deseen alimentar.

---

<sup>14</sup> Ilustración extraída de <https://www.sinfinesfas.com.ar/productos/tubos/>.



*Ilustración 23- Distribuidor.<sup>15</sup>*

### Colectores

Los colectores son accesorios utilizados cuando se utilizan varios elevadores a cangilones, están especialmente diseñados para direccionar el flujo de granos entre diferentes elevadores.



*Ilustración 24- Colector.<sup>16</sup>*

---

<sup>15</sup> Ilustración extraída de <https://centrosilo.com/>.

<sup>16</sup> Ilustración extraída de <https://www.bacalinisilos.com/prod-norias.html>.



### Valvulas de dos vias

Se utiliza para dirigir el flujo de grano en dos direcciones diferentes a 45° una a la vez. Pueden ser accionada manualmente mediante cables de acero, o automáticamente con actuadores neumáticos.



*Ilustración 25- Válvula de dos vías.<sup>17</sup>*

### Amortiguador final autolimpiante

Elemento final de una línea de descarga antes de la entrada a silos, secadoras, limpieza de máquinas y transportadores, utilizado para reducir la velocidad de desplazamiento del grano. Poseen un sistema autolimpiante reduciendo posibles contaminaciones y la acumulación de grano en el interior de la canalización.



*Ilustración 26- Amortiguador final.<sup>18</sup>*

### Soporte intermedio

Además de transportar el grano, la tubería es autoportante, y se encuentra sometida a esfuerzos producto del viento, por este motivo se necesita suministrarle rigidez, esto

<sup>17</sup> Ilustración extraída de <https://centrosilo.com/>.

<sup>18</sup> Ilustración extraída de <https://centrosilo.com/>.



se logra con la colocación de soportes intermedios conjuntamente con las abrazaderas de unión y las lingas de acero. Sobre todo, en tuberías largas.



*Ilustración 27-Soporte intermedio.<sup>19</sup>*

## Silos

Estructura metálica o de hormigón, utilizada para el almacenamiento de granos en su interior. Se diseñan para soportar las cargas ejercidas por el grano almacenado en su interior sobre sus paredes. En la actualidad la mayoría está construida en chapa metálica, son de forma cilíndrica con techo cónico, la carga de los mismos se hace por una boca en la parte superior; en tanto la descarga se realiza desde la base mediante roscas extractoras en el caso de ser asentados, y por gravedad en el caso de ser elevados, en algunos casos también tienen bocas de descarga en su parte media.



*Ilustración 28- Silos.<sup>20</sup>*

## Ventiladores

Los ventiladores son equipos mecánicos de impulsión de aire, generalmente para esta aplicación son de tipo centrífugos, aunque en ocasiones también se utilizan de flujo axial; estos se colocan en la parte inferior de los silos y se los utiliza para hacer circular aire por la masa de granos, para así enfriarlos y mantenerlos a una temperatura adecuada para su correcta conservación.

<sup>19</sup> Ilustración extraída de <https://centrosilo.com/>.

<sup>20</sup> Ilustración extraída de <https://spssilos.com/>.



*Ilustración 29- Ventilador.<sup>21</sup>*

### Separador ciclónico

Los ciclones son equipos utilizados para control de la contaminación del aire, separación de sólidos y gases, muestreo de aerosoles y control de emisiones para aplicaciones industriales usado debido a su simplicidad y bajos costos en términos de construcción, operación, mantenimiento y consumo de energía. Su funcionamiento es de la siguiente manera: la mezcla fluido-sólido entra por la sección superior del dispositivo, el cuerpo cilíndrico induce un patrón de flujo giratorio en forma de vórtice descendente para la mezcla. La fuerza centrífuga hace que las partículas suspendidas se separen de la corriente del fluido, estas quedan contra las paredes del cilindro y se deslizan por la sección cónica hasta la salida del polvo; mientras el aire sale por la parte superior.



*Ilustración 30- Separador ciclónico.<sup>22</sup>*

---

<sup>21</sup> Ilustración extraída de <https://spssilos.com/>

<sup>22</sup> Ilustración extraída de <https://es.made-in-china.com/>



## CAPÍTULO 7 INGENIERÍA BÁSICA

En esta sección del proyecto nos dedicaremos al planteo de las soluciones posibles para el desarrollo del mismo, se describirán y realizara un análisis de cada una de ellas, para determinar su factibilidad técnica y económica. Una vez realizado el análisis se optará por la más apropiada para este caso particular.

### Emplazamiento y disponibilidad física

Como se mencionó en secciones anteriores, la planta de acondicionamiento y acopio se encuentra ubicada en Paraje Zenón Roca, departamento de Villaguay Entre Ríos, a 50 kilómetros de la ciudad de Villaguay, 30 kilómetros de San salvador, y 280 kilómetros de Rosario, siendo estos los destinos comunes de la producción de la zona.

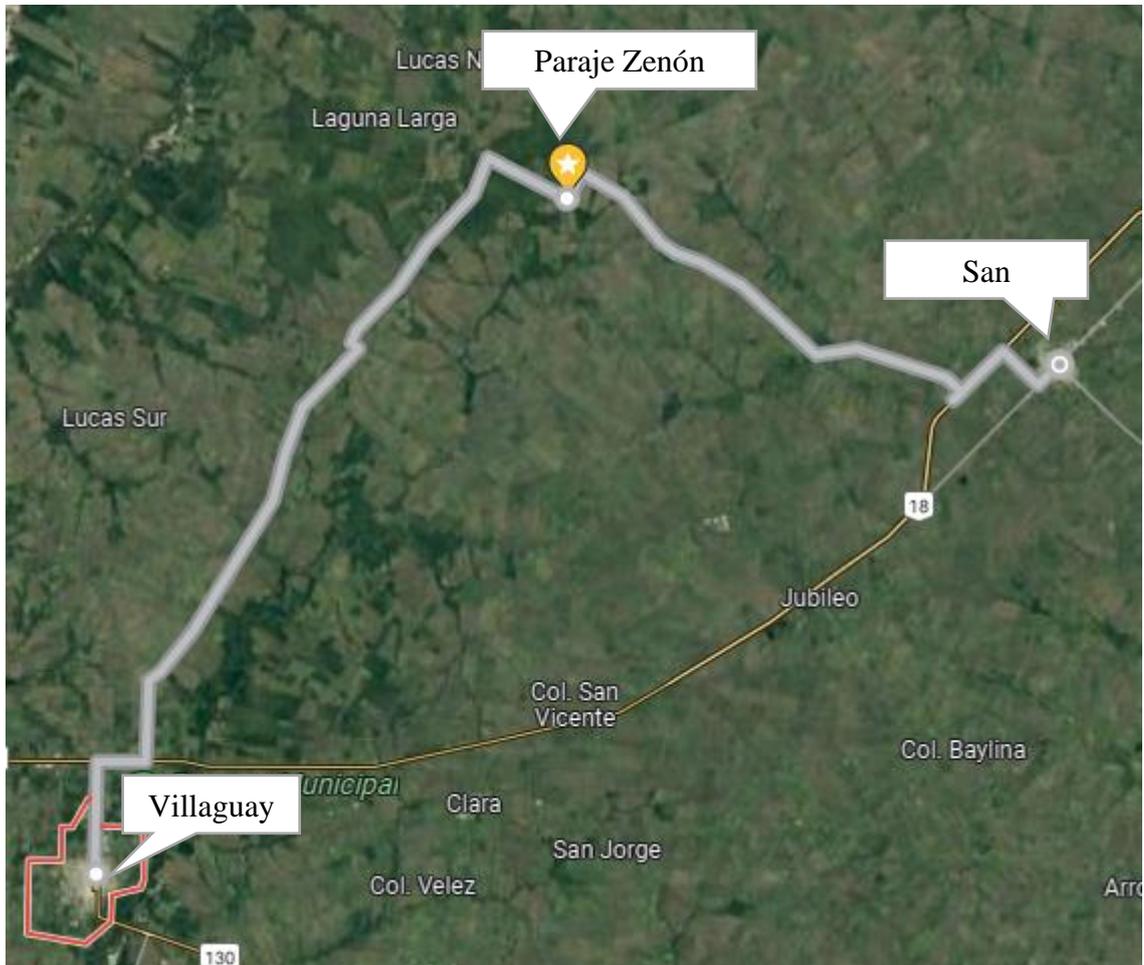


Ilustración 31- Ubicación Paraje Zenón Roca.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Ilustración obtenida de Google Maps.



En cuanto a la disponibilidad del espacio físico necesario para la ampliación y/o modificaciones, no representa un problema ya que el terreno es propiedad del cliente, y el mismo no tiene inconvenientes con su utilización. Sin embargo, se trata de que este tipo de plantas sea lo más compactas posibles, no solo por la ocupación del espacio físico, sino que esto reduce el costo en los equipos de transporte que se utilizan para la movilización de granos dentro de la misma.

## Disponibilidad energética

### Energía eléctrica

La energía eléctrica necesaria para la operación de la planta hoy en día es suministrada por un generador síncrono marca WEG modelo GTA 202 AI JV, al cual se le entrega potencia mecánica con un motor BEDFOR Diesel de 6 cilindros. Esto es debido a que no hay acceso a la red eléctrica, la línea más cercana se encuentra a 1,6 kilómetros de distancia, y es una línea proveniente de un alimentador de 13,2 Kv de la Subestación Zenón Roca de E.N.E.R.S.A.

El problema surge de que al realizar la ampliación y mejora de la planta, implica que la potencia instalada sea mayor, y no llega a ser abastecida por el generador actual, situación que genera el primer punto de análisis.

Las soluciones planteadas para su posterior análisis son las siguientes:

- Instalación de un grupo generador de mayor potencia.
- Instalación de un grupo generador y planta de biodiesel para el abastecimiento de combustible.
- Construcción de línea aérea para conectarse a la red.

### Instalación de un grupo generador de mayor potencia

Esta solución se basa en el cálculo de la potencia instalada, y la selección del equipo adecuado para abastecer dicha demanda, también se deben considerar la posibilidad de futuras ampliaciones, lo cual implica un sobredimensionamiento del equipamiento, pero sin generar grandes costos innecesarios.



### Instalacion de un grupo generador y planta de biodiesel para el abastecimiento de combustible

Esta solucion difiere de la anterior, en el tipo de combustible con el cual se abastecera el motor del grupo generador, en este caso con biodiesel que seria producido en un espacio contiguo a la planta de acondicionamiento y acopio.

Como se sabe, el biodiesel se puede producir a partir de un aceite vegetal y/o grasas animales, tal como el aceite de soja, considerando que el mismo se adquiriria casi en origen, sin valor agregado; se evalua la instalacion de una prensa para la extraxion del aceite del grano y una planta de generacion de biodiesel, que se utilizaria luego para abastecer al grupo generador y productores locales.

### Construccion de linea para conectarse a la red.

Esta solucion se basa en construir una linea aerea desde el punto de bifurcacion que se mostro anteriormente hasta la planta, esto implicaria la instalacion de un transformador de potencia y todas la protecciones necesarias y exigidas por la empresa de energia.

### Solucion adoptada

Al momento de optar por una de las soluciones planteadas, si bien la instalacion de una planta generadora de biodiesel y un grupo generador pueden llegar a ser competitivas con las otras dos en cuanto a lo economico, esto necesita de instalaciones de mayor complejidad, mas personal y la finalidad de acondicionar granos termina dependiendo de otros procesos, lo que hace que la implementacion sea dificultosa.

En cuanto a las otras dos soluciones, para un mismo consumo de potencia se puede determinar que el costo entre la construccion de la linea aerea y la adquisicion de un grupo generador difieren muy poco en favor del grupo generador. Pero al analizar el costo de la energia, mantenimiento y confiabilidad del sistema, la construccion de la linea aerea resulta la mejor opcion para este proyecto.

En sisntesis, se opta por la construccion de una linea aerea desde el punto de bifurcacion de la linea trifasica proveniente de la SET Zennon Roca más proximo a la planta. La vinculacion de la planta a la red se realizara en baja tension, ya que esto nos evita la instalacion del transformador de potencia y celdas de media tension.



## Energía Térmica

Como se explico en el marco teorico, para el secado del grano, la secadora utiliza un flujo de aire caliente, dicho aire adquiere calor al circular por un hogar. Este ultimo puede utilizar como combustible leña o gas.

Las soluciones planteadas para su posterior analisis son las siguientes:

- Hogar a leña.
- Hogar a gas.

### Hogar a leña

El mismo es una estructura de mamposteria, de dimensiones considerables, lo cual es una contra en el aprovechamiento de espacio. El fuego se inicia en su interior y el aire circula por el mismo, elevando asi su temperatura, y luego circula por la secadora intercambiando calor con el grano. Cabe destacar que en principio la leña es el combustible mas economico, pero tiene algunos inconvenientes:

- Necesita de personal que este alimentando el hogar.
- El control de temperatura no es tan estable.
- El aire se lleva consigo humos y particulas de la combustion que son depositadas en la superficie de los granos. En el caso particular del arroz, puede cambiar la tonalidad del grano, esto puede ser penalizado a la hora de la comercializacion al exterior.

### Hogar a gas

Cuenta de un quemador, el mismo es capaz de quemar tanto GNC o GLP, y se encuentra en la misma estructura de la secadora lo cual representa una ventaja en cuanto al espacio. El control de temperatura es estable y no necesita de personal que este alimentándolo.

### Solucion adoptada

De las dos soluciones planteadas, en este caso no se realiza un análisis económico de las soluciones, se opta por el gas como fuente de energía térmica por las ventajas que ofrece el mismo. Ponderando mayormente la calidad final del grano, y que no necesita de personal para alimentar el hogar permanentemente.



## Proceso del grano dentro de la planta

A continuación, se explicará el proceso que se le realiza a los granos desde que ingresan a la planta hasta su despacho, se describe el que se aplica a los granos en general y el particular para el arroz.

Al ingresar el grano a la planta el primer paso a realizar es el muestreo y pasaje. El muestreo del grano permite determinar varios factores, entre ellos el contenido de humedad y de impurezas que trae consigo. Mientras que el pesaje nos permite tener un control adecuado de la cantidad del grano a procesar, poder determinar costos, mermas y evitar inconvenientes con los clientes.

Una vez que el grano se encuentra clasificado y pesado se debe descargar de los transportes para comenzar con el proceso de acondicionamiento.

El primer proceso de acondicionamiento es la limpieza del grano para luego su posterior secado y acopio.

En el caso de granos como soja y trigo en el que la humedad con la que llega el grano es próxima a la óptima de acopio; el proceso utilizado para lograr dicha humedad puede ser el secado mediante secadora, mediante mezcla o en ocasiones un acopio directo. Es importante para el caso de la soja que la temperatura del grano no supere los 49°C y la tasa de secado sea como máximo el 3% por hora, para el trigo la temperatura debe ser entre 43-49°C (Harina Pan).

El inconveniente se tiene a la hora de extraer humedad del arroz, proceso que se debe hacer en etapas y con periodos de estabilización térmica para conservar la calidad del grano. Se realizarán 3 pasadas del grano por la secadora, extrayendo como máximo 3 puntos de humedad por cada una, con 2 periodos de estabilización térmica próxima a las 8 horas. Se debe tener en cuenta que la temperatura del aire que circula por el equipo de secado no supere los 70-75°.

Una vez que el grano se encuentra en los silos de acopio, se realiza la aireación del grano mediante el sistema compuesto por ventiladores y canalizaciones de aire dentro de los silos.



## Determinación del equipamientos y capacidades

El aspecto más complicado que se enfrenta en este tipo de instalaciones es conseguir un funcionamiento continuo, varios de los transportes involucrados cumplen funciones en diferentes etapas del proceso de acondicionamiento y se busca que no coincidan en tiempo para no tener procesos en espera.

Es fundamental que el tiempo de recepción y despacho de granos sea veloz y flexible para así conseguir fluidez y disminuir tiempo de espera de los transportistas. Se busca poder recibir y despachar un equipo en 30 minutos, esto ya nos impone la primera condición, que los transportes de grano y equipos que participen tanto en el recibimiento como despacho deben ser de una capacidad mínima de 60 toneladas por hora.

Para los demás procesos de la planta, la capacidad de los equipos puede ser menor ya que esta dependerá de la capacidad diaria que se quiera lograr, en función del volumen de granos que se espere para la planta.

A continuación, se determinan los equipamientos básicos de acondicionamiento y almacenamiento:

### Calador

Para el volumen de granos que recibe la planta no se justifica la utilización de un calador automático, debido al alto costo de los mismos y de las instalaciones que requieren. Por tal motivo se considera adecuado optar por caladores manuales en la que las muestras las tome el operario de la planta, de la marca Gama, de 6 metros de longitud y 10 bocas para muestras.

### Bascula

La misma es fabricada por INGAPSA modelo TTH20, posee 8 celdas de carga y su capacidad portante es de 120 toneladas, con una plataforma de 20 metros de longitud por 3,2 metros de ancho. Posee aprobación del INTI. (Ver Anexo 2).

### Volquete hidráulico

La plataforma volcadora seleccionada es de la Marca PVH modelo PVE 55-11x3, la misma puede descargar chasis y acoplado de 4 ejes de forma individual, con una plataforma de 11 metros de longitud y una inclinación de 35 grados. (Ver Anexo 3).



### Pre-limpieza de choque

Es de la marca CEDAR modelo PC 60, con una capacidad de circulación de granos de 60 toneladas por hora. La misma produce un flujo de aire que al impactar contra el grano se lleva consigo las impurezas más livianas. (Ver Anexo 4).

### Zaranda

Es de la marca CEDAR modelo LZD 60, con una capacidad de procesar 60 toneladas por hora, posee 3 zarandas para impurezas gruesas y 3 zarandas para impurezas finas; con un total de 18 metros cuadrados de zaranda, las mismas son intercambiables rápidamente por un solo operario. (Ver Anexo 4).

### Secadora

Para la elección de la secadora se busca que la capacidad de secado sea de aproximadamente entre 150 a 200 toneladas por día en promedio. El caso más desfavorable lo representa el arroz que es al que hay que extraerle mayor cantidad de puntos de humedad. Para esta planta se opta por una secadora de la marca CEDAR, de flujo continuo modelo SCM 3-6 con quemador a gas GLP. Se estima que con esta se podrá acondicionar aproximadamente 80 toneladas de arroz por día, en tres pasadas con un tiempo de estabilización térmica de 8 horas entre pasadas. En el caso de los demás granos la capacidad de acondicionamiento aumenta a aproximadamente 550 toneladas por día. (Ver Anexo 5).

### Silos de grano húmedo

Estos silos son destinados al almacenaje temporal del grano una vez que se le realiza la limpieza hasta que se pueda comenzar a realizar el proceso de la extracción de los puntos de humedad. Estos permiten aumentar la capacidad y velocidad de recepción de grano sin tener que sobredimensionar la parte de la planta destinada al secado del grano. Se opta por la instalación de 3 silos de base cónica elevada de 100 toneladas cada uno, lo que equivale a aproximadamente la posibilidad de recibir 10 equipos completos al día. El motivo de la instalación de 3 silos, se debe a la flexibilidad que le aporta a la planta, ya que de este modo se puede recibir al mismo tiempo granos de diferentes clientes en el caso de que no se quiera mezclar. (Ver Anexo 6).

### Silos pulmón

Estos silos son destinados principalmente al periodo de estabilización térmica del arroz, pero también se puede realizar la mezcla de otros granos. Se opta por 3 silos de



base cónica elevada de 100 toneladas cada uno. Se instalan 3 silos con el fin de lograr un flujo continuo en el proceso de secado. En periodos en donde no se seca arroz, estos silos pueden destinarse para acopio, aumentando así la capacidad. (Ver Anexo 6).

#### Silos de acopio

Estos silos son los destinados al almacenaje final del grano, la planta cuenta con dos de 350 toneladas ya instalados, a los cuales se le sumaran dos silos de fondo cónico asentado de 1000 toneladas. Logrando así una capacidad de acopio próxima a las 3000 toneladas si se tiene en cuenta la disponibilidad del galpón cerrado destinado a celdas de acopio. (Ver Anexo 7).

A continuación, se determinan los equipamientos de transporte de granos dentro de la planta, los mismos son diseñados y calculados en este proyecto<sup>24</sup>:

#### Tornillo N°1

Transporta el grano depositado en la fosa de descarga, hasta la boca de carga de la Noria N°1. Capacidad requerida de 60 toneladas por hora.

#### Noria N°1

Eleva el grano para poder hacerlo llegar a la boca de la pre-limpieza de choque y zaranda. Capacidad requerida 60 toneladas por hora, y una altura de 8 metros.

#### Tornillo N°2

Transporta el grano desde la salida de la zaranda hasta la boca de carga de la Noria N°2. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora.

#### Noria N°2

Eleva el grano para poder depositarlo en cualquiera de los silos para grano húmedo. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora, y una altura de 19 metros.

#### Tornillo N°3

Transporta el grano desde la descarga del Silo Húmedo N°1 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Tornillo N°4

Transporta el grano desde la descarga del Silo Húmedo N°2 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

---

<sup>24</sup> Los planos de la totalidad de los transportes se pueden observar en la sección planos.



#### Tornillo N°5

Transporta el grano desde la descarga del Silo Húmedo N°3 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Noria N°3

Eleva el grano para descargarlo en la secadora. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora, y una altura de 21 metros.

#### Tornillo N°6

Transporta el grano desde la descarga del Silo Pulmón N°1 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Tornillo N°7

Transporta el grano desde la descarga del Silo Pulmón N°2 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Tornillo N°8

Transporta el grano desde la descarga del Silo Pulmón N°3 hasta la boca de carga de la Noria N°3. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Tornillo N°9

Transporta el grano desde la salida de la secadora hasta la boca de la Noria N°5. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Tornillo N°10

Transporta el grano desde la descarga de la secadora hasta la boca de la Noria N°4. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora.

#### Noria N°4

Eleva el grano para descargarlo en cualquiera de los silos pulmones. Debe tener una capacidad de 30 toneladas por hora, y una altura de 21 metros.

#### Noria N°5

Eleva el grano para descargarlo ya sea en los silos de acopio, celdas de acopio, o directamente para la carga de camiones. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora y una altura de 25 metros.



#### Rosca extractora N°1

Extrae el grano del silo de acopio N°1 y lo transporta hasta la boca de la Noria N°5 donde se lo eleva para la carga de camiones o traspaso a otro silo. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora.

#### Rosca extractora N°2

Extrae el grano del silo de acopio N°2 y lo transporta hasta la boca de la Noria N°5 donde se lo eleva para la carga de camiones o traspaso a otro silo. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora.

#### Rosca extractora N°3

Extrae el grano del silo de acopio N°3 y lo transporta hasta la boca de la Noria N°5 donde se lo eleva para la carga de camiones o traspaso a otro silo. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora.

#### Rosca extractora N°4

Extrae el grano del silo de acopio N°4 y lo transporta hasta la boca de la Noria N°5 donde se lo eleva para la carga de camiones o traspaso a otro silo. Debe tener una capacidad de 60 toneladas por hora.

#### Tuberías de descarga por gravedad

Para llevar el grano desde las bocas de descarga de las norias hasta el punto deseado de la instalación, se utilizan tuberías de acero de 200 mm de diámetro con una inclinación de 45 grados que aseguran la descarga por gravedad y que no se partan granos en la descarga.

#### Dispositivos para la orientación del grano

Cuando la misma noria se utiliza para elevar granos que tienen diferente destino, en la sima de la misma se instalan válvulas de desvíos, conjuntos de válvulas de desvío o distribuidores que canalizan el grano hacia la tubería deseada. Para este proyecto se optan por válvulas de canalización marca Cetronsilo, con accionamiento neumático. A continuación, se detalla el tipo de dispositivo colocado en cada noria

#### Válvula de canalización Noria N°1 (VCN°1)

Se instala una válvula de doble vía con bocas de 200 milímetros de diámetro, que permite la canalización del grano hacia la pre-limpieza y zaranda, o en el caso que se deseara saltar este proceso se pueda descargar directamente en boca de la Noria N°2.



#### Válvula de canalización Noria N°2 (VCN°2)

Se instala válvula de tres vías con bocas de 200 milímetros de diámetro, que permite canalizar el grano hacia cualquiera de los silos húmedos instalados.

#### Válvula de canalización Noria N°3 (VCN°3)

Se instala válvula de tres vías con bocas de 200 milímetros de diámetro, que permite canalizar el grano hacia cualquiera de los silos pulmón, y con dos válvulas más aguas abajo, que permiten la canalización hacia la secadora y/o acopio.

#### Válvula de canalización Noria N°4 (VCN°4):

Se instala válvula de tres vías con bocas de 200 milímetros de diámetro, que permite canalizar el grano hacia cualquiera de los silos pulmón instalados.

#### Válvula de canalización Noria N°5 (VCN°5)

Se instala un distribuidor de seis bocas de 200 milímetros de diámetro, que permite canalizar el grano a los silos de acopio, a las celdas de acopio y para la carga de camiones.

#### Válvula de canalización N°6 (VCN°6)

Se instala una válvula de doble vía con bocas de 200 milímetros de diámetro en un tramo de tubería de descarga, permite orientar el grano hacia Silo Pulmón N°2 o la Secadora.

#### Válvula de canalización N°7 (VCN°7)

Se instala una válvula de doble vía con bocas de 200 milímetros de diámetro en un tramo de tubería de descarga, permite orientar el grano hacia la secadora o directo a la boca de Noria N°5. Se encuentra en la misma tubería que VCN°7 pero aguas abajo.

#### Válvula de canalización N°8 (VCN°8)

Se instala una válvula de doble vía con bocas de 200 milímetros de diámetro en la descarga de la secadora y permite orientar el grano hacia el Tornillo N°9 o Tornillo N°10.

#### Válvulas de descarga de silos elevados

Para la descarga de los silos húmedos se utilizan válvulas del tipo guillotina con accionamiento neumático; las mismas son marca Vibrotech, modelo VLC300. Denominadas VDSH°1,2,3 para los silos húmedos y VDSPN°1,2,3 para los silos pulmón. (Ver Anexo 8).



A continuación, se muestra un esquema orientativo de la planta:

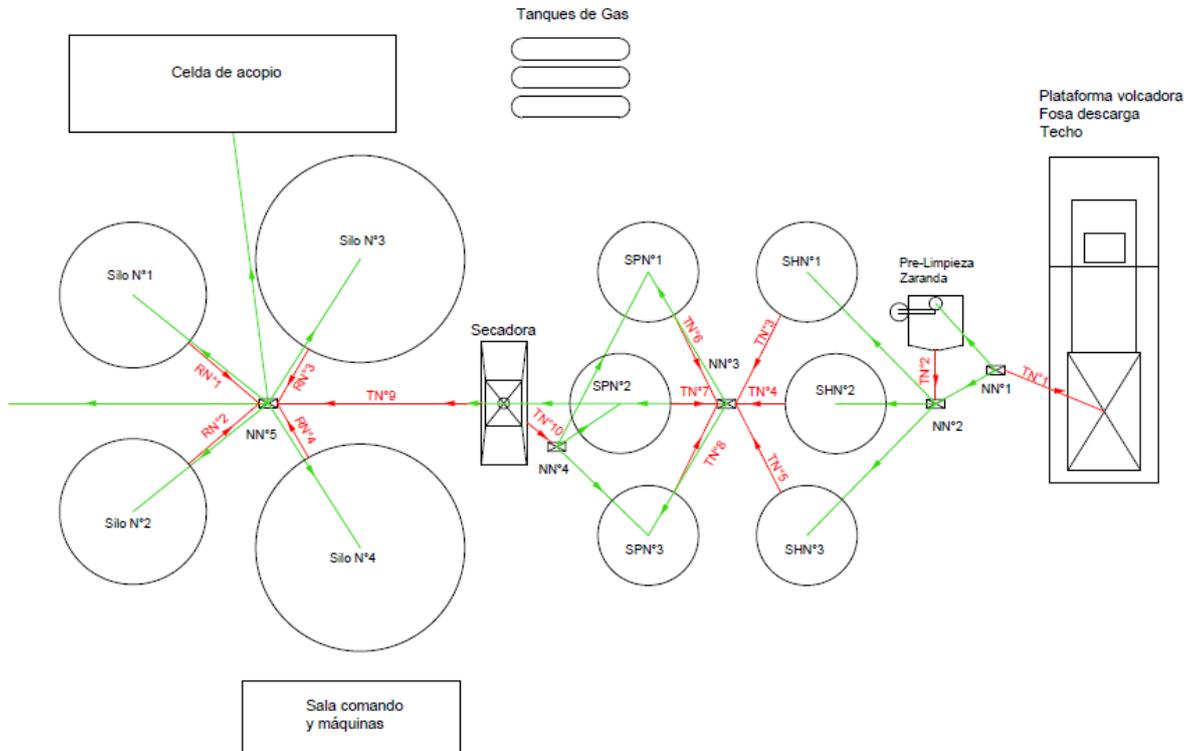


Ilustración 32- Esquema de planta.



## CAPÍTULO 8 INGENIERÍA DE DETALLE

### Cálculo de transportes helicoidales

#### Procedimiento de calculo<sup>25</sup>

Para el cálculo y dimensionamiento de los siguientes transportes helicoidales nos basamos fundamentalmente en el uso de ecuaciones del manual técnico Martin, más precisamente en el capítulo de manejo de materiales, pero también teniendo en cuenta las practicas comunes y experiencia de fabricantes, tanto de transportes, como de componentes de los mismos; que se encuentran en nuestro país.

Además, también se calcularán y determinarán todos los componentes necesarios para su fabricación, tales como transmisiones, rodamientos, motores, etc.

A continuación, se exponen procedimientos, algunos aspectos y factores a determinar que son comunes a todos los transportes que se calcularan, los mismos son los siguientes:

- El manual en el que se basan los cálculos utiliza unidades del sistema ingles de medida, en nuestro mercado, los diferentes componentes para la fabricación de los transportes se encuentran en el sistema métrico, es por este motivo que se adaptan las recomendaciones del manual a las dimensiones que se encuentran en nuestro mercado.
- Los mismos serán calculados para el arroz con cascara, que es el material que nos representa las condiciones más desfavorables. Dicho material posee un peso específico de 0,75 toneladas por metro cubico o lo que es su equivalente 47 libras por pie cubico. El factor de material **F<sub>m</sub>**, extraído de tabla proporcionada por el catálogo Martin es 0,4 y la carga de artesa recomendada es del 45 %.

---

<sup>25</sup> En base a catalogo técnico Martin sección H y recomendación de fabricantes.



Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material $F_i$	Carga de Artesa
Arroz en bruto	32-36	C1/2-35N	L-S-B	1	0.6	30A
Arroz, Cascarilla	20-21	B6-35NY	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, con cáscara	45-49	C1/2-25P	L-S-B	1	0.4	45
Arroz, entero y con cascarilla	20	B6-35NY	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, molido a semolina	42-45	B6-35P	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, Pulido	30	C1/2-15P	L-S-B	1	0.4	45

Tabla 6-*Característica de materiales.*

- Cuando el transporte es inclinado, se debe afectar la capacidad deseada por un factor de inclinación  $F_i$ , esto permite establecer una capacidad de cálculo para compensar los esfuerzos producidos por dicha inclinación. Se recomienda que la artesa sea tubular, y que la velocidad de giro sea mayor a la recomendada para el transporte horizontal, esto evita que el material se vuelva y mejora la eficiencia.

$$Q_c = Q F_i$$

Inclinación (°)	10	15	20	25	30	35
Reducción %	10	26	45	58	70	78

Tabla 7: *Factor de reducción según la inclinación.*

- Se deberá determinar el diámetro del sin fin, y esto limitará el número de revoluciones aceptables para el transporte, recordar que para el transporte inclinado las velocidades se permiten un poco mayores a las que se observarían a continuación. Además de que se tendrá en cuenta dimensiones y velocidades adoptadas por fabricantes de vasta experiencia de nuestro mercado.

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Pase Completo)		Máx. RPM	
		A 1 RPM	A Máx. RPM		
45%		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10900	110
		24	164.00	16400	100
		30	323.00	29070	90

Tabla 8: *Relación entre el diámetro y las velocidades recomendadas.*



La ecuación mediante la cual se determinan las revoluciones es la siguiente:

$$n = \frac{Q_c * 4 * 60}{3600 * \gamma * \pi * D_r^2 * \lambda * t}$$

Donde:

**n:** número de revoluciones por minuto.

**Q<sub>c</sub>:** capacidad de cálculo.

**γ:** peso específico del material.

**D<sub>r</sub>:** diámetro del helicoidal.

**λ:** coeficiente de llenado. (0,3 para material escurrible en granos o trozos pequeños con polvo)

**t:** paso. (Se utilizará un paso estándar, es decir que el paso es igual al diámetro).

- La potencia necesaria se determinará a partir de las siguientes ecuaciones:
  - Potencia para mover el transportador en vacío

$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000}$$

Donde:

**L:** Longitud.

**n:** número de revoluciones por minuto.

**F<sub>a</sub>:** factor de diámetro.

**F<sub>b</sub>:** factor de buje para colgante.

Factor del Diámetro del Transportador, F <sub>d</sub>			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

Tabla 9: Factor de diámetro.



Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante $F_b$
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

Tabla 10: Factor del buje para colgante.

- Potencia para mover el material

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000}$$

Donde:

**Q<sub>c</sub>**: capacidad de cálculo.

**L**: Longitud.

**γ**: peso específico del material.

**F<sub>f</sub>**: factor por porcentaje de carga del transportador.

**F<sub>m</sub>**: factor del material.

**F<sub>p</sub>**: factor de paleta.

Tipo de Helicoidal	$F_f$ Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

Tabla 11: Factor por porcentaje de carga del transportador.



Factor de Paleta, $F_p$					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Tabla 12: Factor de paleta.

- La potencia total horizontal:

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e}$$

Donde:

**F<sub>0</sub>**: factor de sobrecarga.

**e**: factor de eficiencia.

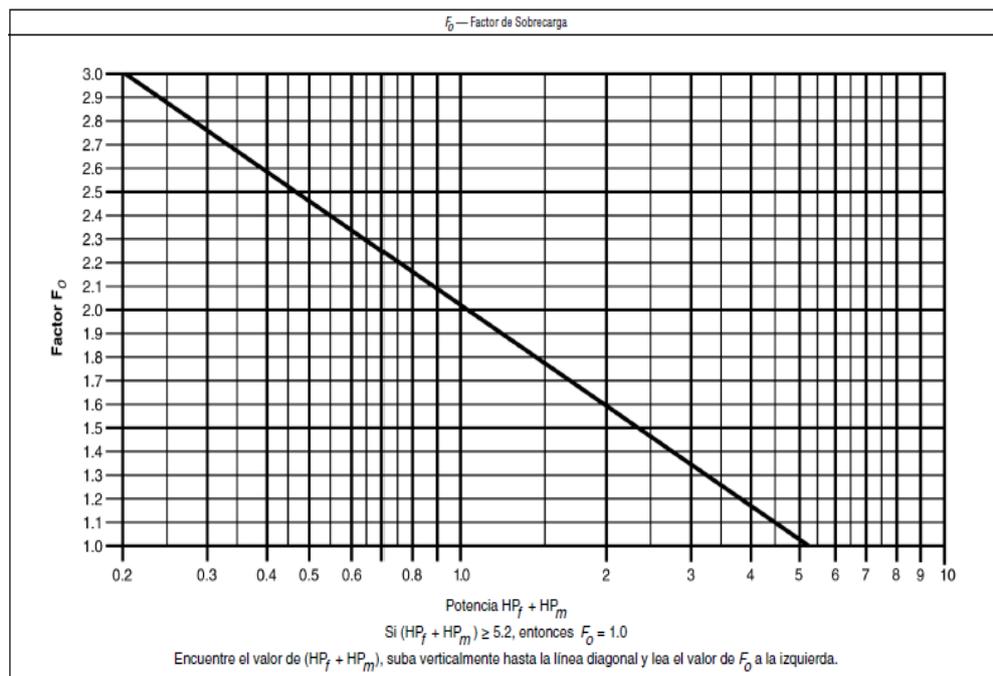


Tabla 13: Factor de sobrecarga.

- Potencia para elevar el material

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e}$$

Donde:

**Q<sub>c</sub>**: capacidad de cálculo.

**H**: altura a elevar, está dada por  $H = L \sin \alpha$



**e:** factor de eficiencia.

- Potencia total:

$$HP_t = (HP_h + HP_r)$$

- Potencia efectiva:

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta}$$

Donde:

**G:** Margen adicional que depende de la potencia.

**$\eta$ :** Factor de eficiencia en la transmisión.

<b>N<sub>H</sub></b>	1	1-2	2-4	4-5	5
<b>G</b>	2	1.5	1.25	1.1	1

Tabla 14: Margen adicional en función de la potencia.

Factor de eficiencia en Transmisiones				
Transmisión de helicoidal o montado en eje Con transmisión de banda V.	Banda V a engrane helicoidal y acoplamiento.	Motorreductor con acoplamiento	Motorreductor con transmisión de cadena	Engrane sin fin
<b>0.88</b>	<b>0.87</b>	<b>0.95</b>	<b>0.87</b>	Consulte al fabricante

Tabla 15: Factor de eficiencia de las transmisiones.

- Fuerza motriz, la misma será suministrada por un motor eléctrico, y se deberá tener en cuenta para su selección además de la potencia necesaria del mismo, las condiciones a las cuales se encontrará expuesto, ya que es un ambiente con presencia de polvos y a la intemperie. Los mismos serán seleccionados del catálogo de la marca WEG.
- Como sabemos la velocidad de giro del motor es mucho mayor a la velocidad necesaria para el transporte, por tal motivo se debe hacer uso de transmisiones que permitan lograr una velocidad adecuada en el mismo. Comercialmente se encuentran disponibles reductores diseñados específicamente para esta aplicación, los mismos hacen la reducción en dos etapas, una mediante un



reductor de engranajes, y la otra mediante correas. Los mismos son provistos con cruceta y espiga (para la vinculación eje de salida reductor – eje del transporte) y con las poleas necesarias para la transmisión por correas (eje de motor - eje de entrada reductor).

- En este ítem el cálculo que se realizara es el de la verificación de la transmisión por correas y el desarrollo de las mismas, ya que el perfil, características y cantidad estará limitado por las poleas provistas por el fabricante.

- Cálculo y verificación de correa.<sup>26</sup>

Para el mismo nos basamos en el manual técnico de Optibelt. Y básicamente se sigue el siguiente proceso:

- Determinar la relación de transmisión, que estará dada por:

$$i = \frac{d_p}{d_g}$$

Donde:

**i:** relación de transmisión.

**d<sub>p</sub>:** diámetro de la polea mayor.

**d<sub>g</sub>:** diámetro de la polea menor.

- Se debe afectar la potencia a transmitir por un factor de carga **C<sub>2</sub>**, el mismo depende del tipo de transmisión y las horas de trabajo que se prevén.

---

<sup>26</sup> En base a Manual Técnico de Correas Trapeciales Optibelt.



Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Factor de carga $c_2$ para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga $c_2$ para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
<b>Transmisiones ligeras</b> Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<b>Transmisiones medias</b> Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<b>Transmisiones pesadas</b> Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<b>Transmisiones muy pesadas</b> Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Tabla 16: Factor de carga.

- La potencia teórica de cálculo es la que resulta de la siguiente ecuación:

$$P_b = P C_2$$

Donde:

**P<sub>b</sub>**: potencia teórica.

**P**: potencia a transmitir.

- Se debe determinar el perfil de la correa, recordar que en nuestro caso el perfil está determinado por el perfil de la polea del reductor. Para esto utiliza una figura en la cual, dependiendo la potencia de cálculo y velocidad nos permite determinar el perfil.
- Verificación de la distancia entre ejes, para un correcto funcionamiento de la transmisión se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

Donde:

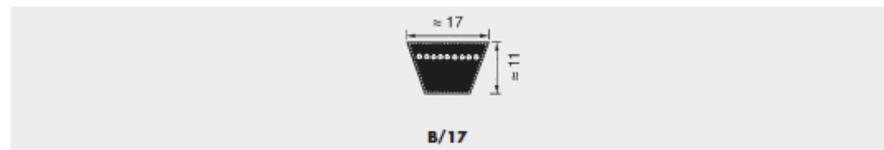


**a:** es la distancia entre ejes.

- El desarrollo de referencia, que permite luego la selección del desarrollo que se encuentra comercialmente, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a}$$

- Mediante la siguiente tabla, en base al desarrollo de referencia, se puede seleccionar el desarrollo  $L_{dst}$  que se encuentra en catalogo del fabricante.



Perfil B/17											
N° correa	Desarrollo de referencia ISO L <sub>1</sub> (mm)	Desarrollo Interior L <sub>1</sub> (mm)	N° correa	Desarrollo de referencia ISO L <sub>1</sub> (mm)	Desarrollo Interior L <sub>1</sub> (mm)	N° correa	Desarrollo de referencia ISO L <sub>1</sub> (mm)	Desarrollo Interior L <sub>1</sub> (mm)	N° correa	Desarrollo de referencia ISO L <sub>1</sub> (mm)	Desarrollo Interior L <sub>1</sub> (mm)
B 23	610	570	B 51	1340	1300	B 87	2250	2210	B 140	3590	3550
B 24	655	615	B 52	1360	1320	B 88	2280	2240	B 142	3640	3600
B 25	670	630	B 52½	1375	1335	B 89	2301	2261	B 144	3698	3658
B 26	690	650	B 53	1390	1350	B 90	2326	2286	B 146	3740	3700
B 26½	710	670	B 53½	1400	1360	B 91	2340	2300	B 148	3790	3750
B 27	726	686	B 54	1412	1372	B 92	2377	2337	B 150	3850	3810
B 28	750	710	B 55	1440	1400	B 93	2400	2360	B 151	3890	3850
B 29	765	725	B 56	1462	1422	B 94	2428	2388	B 152	3901	3861
B 30	790	750	B 57	1490	1450	B 94½	2440	2400	B 154	3952	3912
B 31	815	775	B 58	1513	1473	B 95	2453	2413	B 155	3990	3950
B 32	840	800	B 59	1540	1500	B 96	2478	2438	B 156	4002	3962
B 32½	865	825	B 60	1565	1525	B 96½	2490	2450	B 158	4040	4000
B 33	876	836	B 61	1590	1550	B 97	2505	2465	B 160	4104	4064
B 34	890	850	B 62	1615	1575	B 98	2540	2500	B 162	4155	4115
B 34½	915	875	B 63	1640	1600	B 99	2555	2515	B 165	4240	4200
B 35	929	889	B 64	1665	1625	B 100	2580	2540	B 167	4290	4250
B 36	940	900	B 65	1690	1650	B 101	2605	2565	B 173	4434	4394
B 37	965	925	B 66	1716	1676	B 102	2640	2600	B 175	4490	4450
B 37½	990	950	B 67	1740	1700	B 103	2656	2616	B 177	4540	4500
B 38	1005	965	B 68	1765	1725	B 104	2690	2650	B 180	4612	4572
B 38½	1015	975	B 69	1790	1750	B 105	2707	2667	B 187	4790	4750
B 39	1040	1000	B 69½	1801	1761	B 106	2740	2700	B 195	4993	4953
B 40	1056	1016	B 70	1815	1775	B 107	2758	2718	B 197	5040	5000
B 40½	1070	1030	B 71	1840	1800	B 108	2790	2750	B 208	5340	5300
B 41	1080	1040	B 72	1869	1829	B 110	2840	2800	B 210	5374	5334
B 41½	1090	1050	B 73	1890	1850	B 112	2885	2845	B 220	5640	5600
B 42	1100	1060	B 74	1920	1880	B 114	2940	2900	B 236	6040	6000
B 42½	1115	1075	B 75	1940	1900	B 115	2961	2921	B 240	6136	6096
B 43	1130	1090	B 76	1970	1930	B 116	2990	2950	B 248	6340	6300
B 43¼	1140	1100	B 77	1990	1950	B 118	3040	3000	B 264	6740	6700
B 44	1160	1120	B 78	2021	1981	B 120	3088	3048	B 276	7040	7000
B 45	1190	1150	B 79	2040	2000	B 122	3139	3099	B 280	7140	7100
B 45½	1203	1163	B 80	2072	2032	B 124	3190	3150			
B 46	1215	1175	B 81	2100	2060	B 126	3240	3200			
B 46½	1220	1180	B 82	2123	2083	B 128	3290	3250			
B 47	1240	1200	B 83	2140	2100	B 130	3342	3302			
B 48	1255	1215	B 83½	2160	2120	B 132	3390	3350			
B 48½	1265	1225	B 84	2174	2134	B 134	3444	3404			
B 49	1290	1250	B 85	2200	2160	B 136	3490	3450			
B 50	1315	1275	B 86	2240	2200	B 138	3545	3505			

Tabla 17: Desarrollo comercial.



- Con el desarrollo adoptado, se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2}$$

Si  $L_{dth} < L_{dst}$

$$a_{nominal} = a - \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2}$$

Si  $L_{dth} > L_{dst}$

- A la distancia entre ejes nominal, se le deberá dar un margen de tensado y retensado, que permite desmontar y montar la correa sin dañarla y luego su posterior ajuste, estas distancias vienen dadas por el fabricante dependiendo del perfil y el desarrollo de la correa a utilizar.

Desarrollo de referencia (mm)	Recorrido mínimo de ajuste x (mm) – para tensado y retensado	Recorrido mínimo de ajuste y (mm) – para montar sin forzar										
		5	Y/6	8	Z/10, ZX/X10	A/13, AK/X13	B/17, BK/X17	20	C/22, CK/X22	25	D/32	E/40
≤ 200	5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 200 ≤ 250	5	10	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 250 ≤ 315	5	10	10	10	10	–	–	–	–	–	–	–
> 315 ≤ 670	10	–	–	10	10	10	10	–	–	–	–	–
> 670 ≤ 1000	15	–	–	10	15	15	15	–	–	–	–	–
> 1000 ≤ 1250	20	–	–	15	15	15	15	20	20	–	–	–
> 1250 ≤ 1800	25	–	–	15	20	20	20	20	25	25	–	–
> 1800 ≤ 2240	25	–	–	20	20	20	20	25	25	30	35	–
> 2240 ≤ 3000	35	–	–	–	20	20	20	25	30	30	35	40
> 3000 ≤ 4000	45	–	–	–	20	20	20	25	30	30	35	40
> 4000 ≤ 5000	55	–	–	–	20	20	20	30	30	30	35	40
> 5000 ≤ 6300	70	–	–	–	–	20	25	35	35	35	40	45
> 6300 ≤ 8000	85	–	–	–	–	20	25	40	40	40	45	50
> 8000 ≤ 10000	110	–	–	–	–	25	25	40	45	45	45	50
> 10000 ≤ 12500	135	–	–	–	–	–	30	40	45	45	50	55
> 12500 ≤ 15000	150	–	–	–	–	–	40	50	55	55	60	65
> 15000 ≤ 18000	190	–	–	–	–	–	40	50	55	55	60	65

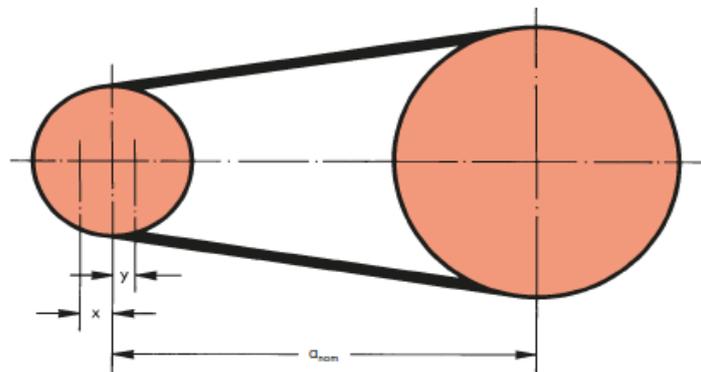


Tabla 18: Distancia de tensado, retensado y montaje.



- La velocidad lineal de la correa se determina mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100}$$

Donde:

**v**: velocidad lineal de la correa.

**n<sub>g</sub>**: revoluciones de la polea menor (conductora).

- La frecuencia de flexión de la correa está dada por:

$$F_b = \frac{2 \ 1000 \ v}{L_{dst}}$$

$$fb=2 \ 100 \ vLdst$$

Donde:

**f<sub>b</sub>**: frecuencia de flexión.

- Arco de abrazo y factor de corrección, los mismos se obtienen de la siguiente tabla:

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	$\epsilon_1$
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00
0,15	171°	1,00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98
0,50	150°	0,98
0,55	147°	0,98
0,60	144°	0,98
0,65	141°	0,97
0,70	139°	0,97
0,75	136°	0,97
0,80	133°	0,96
0,85	130°	0,96
0,90	126°	0,96
0,95	123°	0,95
1,00	119°	0,94
1,05	115°	0,94
1,10	112°	0,93
1,15	109°	0,93
1,20	106°	0,92
1,25	103°	0,91
1,30	100°	0,91
1,35	96°	0,90
1,40	92°	0,88
1,45	88°	0,87
1,50	84°	0,86
1,55	80°	0,84
1,60	77°	0,83

*Ilustración 33-Arco de abrazo y factor de corrección.*



- Factor de desarrollo, el mismo se obtiene de la siguiente tabla:

Perfil Z/10, ZX/X10		Perfil A/13, AX/X13		Perfil B/17, BX/X17		Perfil 20	
Desarrollo de referencia (mm)	c <sub>3</sub>						
422*	0,86	660	0,80	900	0,81	948	0,75
447*	0,87	740	0,82	990	0,83	998	0,76
472*	0,88	780	0,83	1040	0,84	1048	0,77
497*	0,89	830	0,85	1100	0,85	1168	0,79
522*	0,90	880	0,86	1140	0,85	1228	0,80
552*	0,92	930	0,87	1220	0,87	1298	0,81
582*	0,93	980	0,88	1290	0,88	1368	0,82
622	0,94	1030	0,89	1360	0,89	1448	0,83
652	0,95	1090	0,90	1440	0,90	1548	0,85
692	0,96	1150	0,91	1540	0,92	1648	0,86
732	0,98	1210	0,92	1640	0,93	1848	0,88
822	1,00	1280	0,94	1740	0,94	2048	0,91
847	1,01	1350	0,95	1840	0,95	2168	0,92
887	1,02	1430	0,96	1940	0,97	2298	0,93
922	1,02	1530	0,97	2040	0,98	2408	0,94
947	1,03	1630	0,99	2160	0,99	2548	0,95
997	1,04	1730	1,00	2280	1,00	2698	0,96
1022	1,05	1830	1,01	2400	1,01	2848	0,98
1082	1,06	1930	1,02	2590	1,03	3048	0,99
1142	1,07	2030	1,03	2690	1,04	3198	1,00
1172	1,08	2150	1,05	2840	1,05	3398	1,01
1202	1,08	2270	1,06	3040	1,06	3598	1,03
1272	1,10	2390	1,07	3190	1,07	3798	1,04
1342	1,11	2530	1,08	3390	1,09	4048	1,05
1422	1,12	2680	1,10	3590	1,10	4298	1,06
1522	1,14	2830	1,11	3790	1,11	4548	1,08
1622	1,15	3030	1,12	4040	1,13	4798	1,09
		3180	1,14	4290	1,14	5048	1,10
		3380	1,15	4540	1,15	5348	1,11
		3780	1,17	4790	1,17	5648	1,13
		4030	1,19	5040	1,18	6048	1,14
		4530	1,22	5340	1,19	6348	1,15
		5030	1,24	5640	1,20	7148	1,18
				6040	1,22	8048	1,21
				6340	1,23		

Tabla 19: Factor de desarrollo.

- Potencia nominal por correa  $P_N$ , la misma se obtiene del catálogo del fabricante, depende del tipo de perfil, del diámetro de la polea menor, las revoluciones y relación de transmisión:



Poleas v ([m/s])	n <sub>2</sub> ([min <sup>-1</sup> ])	Diámetro de referencia de la polea pequeña d <sub>2</sub> (mm)														Incremento por multiplicación (kW) por correa para				
		112	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250	280	1.01 hasta 1.05	1.06 hasta 1.26	1.27 hasta 1.57	
Equilibradas estáticamente	700	1.49	1.96	2.21	2.50	2.85	3.20	3.55	3.89	4.24	4.58	4.98	5.38	5.78	6.23	7.19	0.03	0.17	0.27	0.30
	950	1.83	2.45	2.77	3.15	3.61	4.06	4.51	4.96	5.40	5.83	6.35	6.86	7.36	7.94	9.14	0.05	0.23	0.37	0.41
	1450	2.37	3.25	3.72	4.24	4.89	5.52	6.14	6.75	7.35	7.94	8.63	9.31	9.96	10.70	12.20	0.07	0.35	0.56	0.63
	2850	2.99	4.37	5.08	5.87	6.80	7.87	8.49	9.24	9.93	10.54	11.22	11.78	12.24	12.62	12.90	0.14	0.69	1.10	1.24
	100	0.33	0.41	0.46	0.51	0.57	0.63	0.69	0.75	0.81	0.87	0.94	1.01	1.08	1.17	1.34	0.00	0.02	0.04	0.04
	200	0.58	0.73	0.81	0.91	1.02	1.14	1.25	1.37	1.48	1.59	1.73	1.86	1.99	2.15	2.47	0.01	0.05	0.08	0.09
	300	0.79	1.01	1.13	1.27	1.43	1.60	1.77	1.93	2.09	2.25	2.45	2.64	2.83	3.05	3.52	0.01	0.07	0.12	0.13
	400	0.99	1.27	1.43	1.60	1.82	2.03	2.25	2.46	2.67	2.88	3.13	3.37	3.62	3.91	4.51	0.02	0.10	0.15	0.17
	500	1.17	1.52	1.70	1.92	2.18	2.44	2.70	2.96	3.22	3.47	3.77	4.07	4.37	4.72	5.45	0.02	0.12	0.19	0.22
	600	1.33	1.74	1.96	2.21	2.52	2.83	3.13	3.44	3.74	4.03	4.39	4.74	5.09	5.49	6.34	0.03	0.14	0.23	0.26
	700	1.49	1.96	2.21	2.50	2.85	3.20	3.55	3.89	4.24	4.58	4.98	5.38	5.78	6.23	7.19	0.03	0.17	0.27	0.30
	800	1.63	2.16	2.44	2.77	3.16	3.56	3.95	4.33	4.72	5.09	5.55	5.99	6.43	6.94	8.00	0.04	0.19	0.31	0.35
	900	1.77	2.35	2.67	3.02	3.46	3.90	4.33	4.75	5.17	5.59	6.09	6.57	7.06	7.61	8.77	0.04	0.22	0.35	0.39
	1000	1.89	2.54	2.88	3.27	3.75	4.22	4.69	5.16	5.61	6.07	6.60	7.13	7.65	8.25	9.50	0.05	0.24	0.39	0.43
	1100	2.01	2.71	3.08	3.50	4.02	4.53	5.04	5.54	6.03	6.52	7.10	7.66	8.22	8.86	10.18	0.05	0.27	0.42	0.48
	1200	2.12	2.88	3.28	3.73	4.28	4.83	5.37	5.91	6.44	6.95	7.57	8.17	8.76	9.43	10.82	0.06	0.29	0.46	0.52
	1300	2.23	3.03	3.46	3.94	4.53	5.12	5.69	6.26	6.82	7.37	8.01	8.64	9.26	9.97	11.41	0.06	0.31	0.50	0.56
	1400	2.33	3.18	3.63	4.14	4.77	5.39	6.00	6.59	7.18	7.76	8.43	9.09	9.74	10.47	11.95	0.07	0.34	0.54	0.61
	1500	2.42	3.32	3.80	4.33	5.00	5.65	6.28	6.91	7.52	8.12	8.83	9.51	10.18	10.93	12.44	0.07	0.36	0.58	0.65
	1600	2.50	3.45	3.95	4.52	5.21	5.89	6.56	7.21	7.85	8.47	9.20	9.90	10.58	11.35	12.88	0.08	0.39	0.62	0.69
1700	2.58	3.57	4.10	4.69	5.41	6.12	6.81	7.49	8.15	8.79	9.54	10.26	10.95	11.73	13.26	0.08	0.41	0.66	0.74	
1800	2.65	3.69	4.24	4.85	5.60	6.34	7.05	7.75	8.43	9.09	9.85	10.58	11.29	12.07	13.59	0.09	0.43	0.70	0.78	
1900	2.72	3.79	4.36	5.00	5.78	6.54	7.27	7.99	8.69	9.36	10.14	10.88	11.58	12.36	13.85	0.09	0.46	0.73	0.82	
2000	2.77	3.89	4.48	5.14	5.94	6.72	7.48	8.21	8.92	9.61	10.39	11.14	11.84	12.61	14.06	0.10	0.48	0.77	0.87	
2100	2.82	3.98	4.59	5.27	6.09	6.90	7.67	8.42	9.14	9.83	10.62	11.36	12.06	12.81	14.19	0.10	0.51	0.81	0.91	
2200	2.87	4.06	4.69	5.39	6.23	7.05	7.84	8.60	9.33	10.02	10.81	11.55	12.23	12.96	14.26	0.11	0.53	0.85	0.96	
2300	2.91	4.14	4.78	5.49	6.36	7.19	7.99	8.76	9.49	10.19	10.97	11.70	12.36	13.06	14.26	0.11	0.56	0.89	1.00	
2400	2.94	4.20	4.86	5.59	6.47	7.32	8.13	8.90	9.63	10.32	11.10	11.81	12.45	13.11	14.19	0.12	0.58	0.93	1.04	
2500	2.96	4.25	4.93	5.67	6.57	7.43	8.24	9.02	9.75	10.43	11.19	11.88	12.49	13.10	14.04	0.12	0.60	0.97	1.09	
2600	2.98	4.30	4.98	5.74	6.65	7.52	8.34	9.11	9.83	10.51	11.25	11.90	12.48			0.13	0.63	1.00	1.13	
2700	2.99	4.34	5.03	5.80	6.72	7.59	8.41	9.18	9.90	10.55	11.27	11.89	12.42			0.13	0.65	1.04	1.17	
2800	2.99	4.36	5.07	5.85	6.77	7.65	8.47	9.23	9.93	10.57	11.25	11.83	12.31			0.14	0.68	1.08	1.22	
2900	2.98	4.38	5.10	5.88	6.81	7.69	8.50	9.25	9.93	10.55	11.19	11.73	12.15			0.14	0.70	1.12	1.26	
3000	2.97	4.39	5.11	5.90	6.84	7.71	8.51	9.25	9.91	10.49	11.09	11.58	11.93			0.14	0.72	1.16	1.30	
3100	2.95	4.39	5.12	5.91	6.84	7.71	8.50	9.22	9.85	10.41						0.15	0.75	1.20	1.35	
3200	2.92	4.37	5.11	5.90	6.83	7.69	8.47	9.16	9.77	10.28						0.15	0.77	1.24	1.39	
3300	2.89	4.35	5.09	5.88	6.81	7.65	8.41	9.08	9.65	10.12						0.16	0.80	1.27	1.43	
3400	2.85	4.32	5.06	5.85	6.77	7.59	8.33	8.96	9.50	9.92						0.16	0.82	1.31	1.48	
3500	2.80	4.27	5.01	5.80	6.71	7.52	8.22	8.82	9.31	9.68						0.17	0.84	1.35	1.52	
3600	2.74	4.22	4.94	5.74	6.63	7.41	8.09									0.17	0.87	1.39	1.56	
3700	2.67	4.15	4.89	5.66	6.53	7.29	7.93									0.18	0.89	1.43	1.61	
3800	2.59	4.08	4.80	5.57	6.42	7.15	7.75									0.18	0.92	1.47	1.65	
3900	2.51	3.99	4.71	5.46	6.29	6.98	7.54									0.19	0.94	1.51	1.69	
4000	2.42	3.89	4.60	5.34	6.13	6.79	7.31									0.19	0.97	1.55	1.74	
4100	2.31	3.78	4.48	5.19	5.96											0.20	0.99	1.58	1.78	
4200	2.20	3.65	4.34	5.04	5.77											0.20	1.01	1.62	1.82	
4300	2.08	3.52	4.19	4.86	5.56											0.21	1.04	1.66	1.87	
4400	1.95	3.37	4.02	4.67	5.32											0.21	1.06	1.70	1.91	
4500	1.82	3.21	3.84	4.46	5.07											0.22	1.09	1.74	1.95	
4600	1.67	3.03	3.65													0.22	1.11	1.78	2.00	
4700	1.51	2.85	3.44													0.23	1.13	1.82	2.04	
4800	1.34	2.65	3.21													0.23	1.16	1.85	2.08	
4900	1.16	2.43	2.97													0.24	1.18	1.89	2.13	
5000	0.97	2.20	2.71													0.24	1.21	1.93	2.17	

Tabla 20: Potencia nominal por correa.

- La cantidad de correas necesarias viene dada por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3}$$

Donde:

**Z:** es el número necesarias de correas.

- Helicoidal, el mismo se obtiene por conformación, comercialmente se encuentra en variadas dimensiones, en este proyecto se seleccionaron helicoidales de la marca SinfinesFas.
- Eje del helicoidal, los mismos serán de tubo de acero al carbono (SAE 1045), las dimensiones varían dependiendo el transporte, y a los mismos se les realizará una verificación mecánica; la misma tendrá en cuenta el esfuerzo de



torsión, considerando despreciables los esfuerzos de flexión productos del peso propio y del helicoidal montado sobre él. El esfuerzo de torsión es constante, por lo cual no se considera fatiga. El procedimiento de cálculo del mismo es el siguiente:

- Determinar los datos del eje:
  - Diámetro interior **D<sub>i</sub>**.
  - Diámetro exterior **D<sub>e</sub>**.
  - Momento polar de la sección **J**.  
Que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4)$$

- Modulo polar de la sección **Z'**.

$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right)$$

- Determinar los datos del material:
  - Resistencia máxima **S<sub>u</sub>**.
  - Resistencia de fluencia **S<sub>y</sub>**.
  - Resistencia de fluencia a la torsión **S<sub>ys</sub>**.
  - Módulo de elasticidad **E**.
- Calcular el par aplicado al eje, el mismo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n}$$

- Donde:
- **T**: es el par aplicado al eje [Nm]
- **HP**: es la potencia efectiva en [HP]
- **n**: son las revoluciones por minuto del eje.



- (Se debe pasar el par de [Nm] a [Kgcm] para su utilización en las ecuaciones posteriores)

- El esfuerzo al cual se encuentra sometido el eje viene dado por la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{T}{Z}$$

Donde:

**S<sub>s</sub>**: esfuerzo de corte provocado al eje por el par aplicado [kg/cm<sup>2</sup>].

- Para que el cálculo verifique se deben cumplir las siguientes condiciones:
  - Que el coeficiente de seguridad **N** sea mayor a la unidad, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}}$$

Donde:

**N**: coeficiente de seguridad.

- Que el ángulo de torsión **Θ** sea menor a 0,65 grados, el mismo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{T L}{J E}$$

Donde:

**Θ**: ángulo de torsión [radianes].

**L**: Longitud del eje [m].

Se debe aclarar que, para este caso particular, el cálculo no se basa en la rigidez, y que el eje en el cual se aplica, se encuentra reforzado por el helicoidal en su exterior; por lo que no



representa un inconveniente que este valor resulte mayor al sugerido.

- Espiga inferior, la misma es maciza, de acero al carbono SAE 1045, y cumple la función de vincular el eje del helicoidal hasta el rodamiento inferior. Las dimensiones de la misma son tales que permitan el ingreso justo dentro del eje hueco del helicoidal, con una reducción de su sección en la zona que se encuentra apoyada sobre el rodamiento. Se aplica la misma verificación mecánica que para el eje hueco, con la diferencia de las siguientes ecuaciones, debido a que la espiga es maciza:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4)$$

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3)$$

Donde:

**D:** es el diámetro de la espiga en la sección menor.

- Artesa, la misma será construida con tubos, las dimensiones del mismo dependerán de cada transporte; la misma no necesita ningún cálculo ni verificación mecánica, ya que no está sometida a esfuerzos, descansa sobre apoyos y solo proporciona el medio físico por el cual se desplaza el material.
- Diseño de bridas para la unión de tubos que conforman la artesa en caso de ser necesarias, las mismas estarán construidas en acero al carbono, las dimensiones de la misma dependerán de las dimensiones de la artesa, por lo cual se detallara en cada transporte y serán unidas a la misma mediante un cordón de soldadura.
- En el extremo de la descarga del transporte, la tapa del mismo, queda conformada por el reductor, pero en la parte inferior la tapa será fabricada en acero al carbono, las dimensiones serán especificadas para cada caso, pero seguirán las dimensiones de la brida descrita en el punto anterior.
- El rodamiento inferior (tapa inferior), utilizado será un rodamiento de inserción, están basados en los rodamientos rígidos de bolas sellados, pero tienen un aro exterior convexo y, en la mayoría de los casos, un aro interior prolongado con un dispositivo de fijación determinado que permite un montaje



rápido y sencillo sobre el eje. Es el tipo de rodamientos que se utiliza comúnmente en este tipo de aplicación. Además, el mismo se alojará en un soporte de brida cuadrada, montado sobre la tapa inferior del transporte.

- <sup>27</sup>Para el mismo se deberá realizar un cálculo que nos permita determinar la vida útil del mismo, para ello nos basaremos en el manual técnico de la marca SKF; y el procedimiento para el cálculo de la vida de los mismos es el siguiente.

- Determinar las cargas actuantes sobre el rodamiento, como el transporte es inclinado, actuara sobre el mismo cargas radiales y axiales, por lo tanto, el primer paso es determinar las mismas, y las denominaremos  $F_r$  y  $F_a$  respectivamente.

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left( \frac{D_a}{2} \right)^2 L \gamma \sin \alpha$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L$$

Donde:

**$P_h$** : es el peso por metro de la hélice [kg/m].

**$P_e$** : es el peso por metro del eje [kg/m].

**$D_a$** : diámetro interior de la artesa [m]

**$\alpha$** : ángulo de inclinación del transporte [°]

**0,45**: carga de artesa.

- Se debe determinar el factor de cálculo  $f_0$  que depende de la serie del rodamiento adoptado.
- Se debe determinar la carga dinámica equivalente, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Si } F_a/F_r \leq e \rightarrow P = F_r$$

---

<sup>27</sup> Basado en Manual Técnico de Rodamientos SKF.



$$\text{Si } F_a/F_r > e \rightarrow P = XF_r + YF_a$$

Donde:

**P:** es la carga dinámica equivalente [kN].

**X:** factor de carga radial del rodamiento.

**Y:** factor de carga axial del rodamiento.

**e:** es el valor limite.

Los factores de carga radial y axial, y el valor limite, se obtienen de tablas del fabricante, y dependen de la serie del mismo y de la siguiente relación:

$$f_0 F_a / C_0$$

Donde:

**C<sub>0</sub>:** es la capacidad de carga estática básica [kN].

- Determinación de la vida nominal básica, la misma se determina mediante la siguiente ecuación:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Donde:

**L<sub>10</sub>:** es la vida nominal en millones de revoluciones.

**C:** capacidad de carga dinámica básica [kN].

**p:** exponente de la ecuación de la vida, es igual a 3 para rodamientos de bolas.

- También se puede expresar la vida del rodamiento en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

- En lo que respecta a la fabricación de la carga del transporte, la misma dependerá si es un transporte desde un silo elevado, o una rosca extractora de un silo asentado de fondo cónico.
  - En el caso de que el material a transportar proviene de un silo elevado, la carga para el transporte será fabricada con un tubo del mismo diámetro que la artesa, unida a la misma mediante una soldadura (unión



- boca de pescado) y con el ángulo necesario para que dicho tubo quede en vertical; el mismo tendrá una brida en su extremo que permitirá disponer de una válvula entre dicha brida, y la descarga del silo elevado.
- En el caso de ser una rosca extractora del silo asentado con fondo cónico, la carga del mismo es fabricada mediante un corte rectangular en la artesa, y una válvula que permite el ingreso del material.
  - La descarga se fabricará con un corte en la artesa y un tubo soldado (boca de pescado) con una brida en su extremo para unir al resto de la conducción.



## Cálculo del transporte helicoidal N°1

Este transporte es el encargado de transportar el material desde la fosa de descarga de los camiones hasta la boca de la Noria N°1.

### Requerimientos

- Capacidad: 60 toneladas por hora.  $Q = 60 [T/h]$
- Longitud: 9,5 metros.  $L = 9,5 [m] = 28,77 [ft]$
- Inclinación: 35 grados.  $\alpha = 35 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,78$
- Carga de Artesa **45%**
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 106,8 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 300 [mm] = 11,8[in]$$

$$n = \frac{Q_c 4 60}{3600 \gamma \pi D_r^2 \lambda t} = 372 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 55$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:



$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 1,18 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 2,71 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 1,2$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 5,36 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 2,48 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 7,84 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 11,26 [HP]$$



### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 12,5 HP y 1450 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 9).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 02, relación 4:1, para motor de 12,5 HP, provisto con espiga, cruceta K 518, y poleas 3B de 180 y 180 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 10).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 12 [HP] = 9 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 180 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 180 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 325 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:



- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 11,7 [kW]$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$252 [mm] < a < 720 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.215 [mm]$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.215 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 325 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 [mm]$$

$$y = 15 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = 14 [m/s]$$



$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 \cdot v}{L_{dst}} = 22 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 180[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,87$
- $P_N = 6,75 \text{ [kW]}$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 2 \text{ [correas]}$$

Para esta transmisión, se adoptan tres correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.215 milímetros de desarrollo. (Ver anexo 11)

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 120 x 300 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro y 3,91 mm de espesor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 \text{ [mm]}$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 \text{ [mm]}$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 \text{ [cm}^4\text{]}$$



- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2299 \text{ [Nm]} = 23.452 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 1.278 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 1,85$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 3,04 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

#### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una



reducción del mismo a 40 milímetros para el apoyo en el rodamiento. Las demás especificaciones se podrán observar en sección planos.

A continuación, se realiza la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50$  [mm]
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2299 \text{ [Nm]} = 23.452 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 1.867 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 2,47$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,68 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 320 milímetros de diámetro exterior. Las dimensiones se podrán observar en la sección planos.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{D\alpha}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = 57,16 [kg] = 1,9 [kN]$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = 5,59 [kg] = 0,047 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 30,7 [kN]$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 19 [kN]$ .
- Factor de calculo  $f_0 = 14$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = 1,4$$

- Valor limite  $e = 0,4$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = 0,46$
- Factor de carga axial  $Y = 1,34$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:



$$F_a/F_r = 4$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = 2,56 \text{ [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 1.725 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = 77.268 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Carga del transporte

La boca de carga del transporte se encuentra bajo la masa del grano, la misma cuenta con una tapa deslizante (tipo guillotina) que permite el cierre o apertura de la misma. Se encuentra fabrica con chapa rolada de 4,75 mm de espesor, adquiriendo la forma tubular; es accionada mediante un pistón neumático normalizado DSBC-100-400 (Ver Anexo 16); este último es vinculado a la tapa deslizante, mediante una varilla de acero SAE 1045 de 12 mm de diámetro.

Los cálculos necesarios para este punto son la verificación de la fuerza de rozamiento de la tapa sobre las guías, producida por el peso del grano sobre la misma, que debe ser menor que la fuerza que puede suministrar el cilindro neumático. Y que la barra de acero que vincula el cilindro y la tapa soporte dicho esfuerzo de tracción.

Se procede con la verificación de la fuerza de rozamiento.

Datos:

- Altura de columna de grano:  $h = 4 \text{ [m]}$
- Inclinación del transporte:  $\alpha = 35 \text{ [}^\circ\text{]}$
- Peso específico del material:  $\gamma = 750 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Coeficiente de rozamiento:  $\mu = 0,5 \text{ [adimensional]}$



- Longitud de la tapa:  $l = 0,43 [m]$
- Ancho de la tapa:  $a = 0,33 [m]$

Área proyectada  $A_p$  estará dada por:

$$A_p = l \times a = 0,12 [m^2]$$

El volumen  $V$  sobre la tapa será:

$$V = A_p \times h = 0,46 [m^3]$$

El peso  $P$  de dicho material estará dado por:

$$P = V \times \gamma = 348,7 [kg]$$

La normal fuerza normal  $F_N$  resulta:

$$F_N = P \times \cos \alpha = 285,7 [kg]$$

La fuerza de rozamiento  $F_R$  a vencer por el cilindro será:

$$F_R = F_N \times \mu = 142,8 [kg]$$

El cilindro es capaz de proporcionar una fuerza en retorno (menor que en avance) de **450 [kg]**, por lo cual verifica.

Verificación de la barra de vinculación, a la tracción:

Datos de la barra:

- Diámetro:  $D = 12 [mm] = 1,2 [cm]$
- Área:  $A = 1,13 [cm^2]$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1010.

- Resistencia máxima  $S_u = 4.710 [kg/cm^2]$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 3867 [kg/cm^2]$

Esfuerzo al que se encuentra sometida la barra en el caso de mayor sollicitación (caso en el que el pistón aplica los 450 kg):

$$S_{calculo} = \frac{F}{A} = 398 [kg/cm^2]$$



Por lo que nos resulta un coeficiente de seguridad  $N$ :

$$N = \frac{1}{S_s/S_y} = 9,7$$

Por lo que la barra resistirá perfectamente el esfuerzo al que será sometida.



## Cálculo del transporte helicoidal N°2

Este transporte es el encargado de transportar el material desde la descarga de la zaranda hasta la boca de la Noria N°2.

### Requerimientos

- Capacidad: 60 toneladas por hora.  $Q = 60 [T/h]$
- Longitud: 3,2 metros.  $L = 3,2 [m] = 9,69 [ft]$
- Inclinación: 30 grados.  $\alpha = 30 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,7$
- Carga de Artesa **45%**
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 102 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 300 [mm] = 11,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot D_r^2 \cdot \lambda \cdot t} = 351 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 55$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:



$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 0,38 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 0,87 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 1,9$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 2,73 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 0,69 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 3,42 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 4,92 [HP]$$



### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 5,5 HP y 1450 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 17).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 01, relación 4:1, para motor de 4 HP, provisto con espiga, cruceta K 526, y poleas 2B de 130 y 130 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 10).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 5,5 [HP] = 4,1 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 130 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 130 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 308 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1,0$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:



- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 5,36 [kW]$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$182 [mm] < a < 520 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.024 [mm]$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.040 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 316 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 [mm]$$

$$y = 15 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = 10 [m/s]$$



$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 \cdot v}{L_{dst}} = 19 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 180[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,83$
- $P_N = 6,09 \text{ [kW]}$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,1 \text{ [correas]}$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.040 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 120 x 300 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro y 3,91 mm de espesor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 \text{ [mm]}$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 \text{ [mm]}$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 1.103 \text{ [Nm]} = 11.255,1 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 613,3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 3,86$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 1,46 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

#### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una



reducción del mismo a 40 milímetros para el apoyo en el rodamiento. Las demás especificaciones se podrán observar en sección planos.

A continuación, se realiza la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 [cm^3]$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 HP}{n} = 1.103 [Nm] = 11.255,1 [kgcm]$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 458,8 [kg/cm^2]$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 5,15$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,33 [^\circ]$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 3 milímetros y 320 milímetros de diámetro exterior. Las dimensiones se podrán observar en la sección planos.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{Da}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = 56,87 [kg] = 0,56 [kN]$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = 5,06 [kg] = 0,049 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 30,7 [kN]$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 19 [kN]$ .
- Factor de calculo  $f_0 = 14$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = 0,41$$

- Valor limite  $e = 0,32$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = 0,46$
- Factor de carga axial  $Y = 1,71$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:



$$F_a/F_r = 11,42$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = 1 \text{ [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 28934 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 1.358.424 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



### Cálculo del transporte helicoidal N°3, N°5, N°6 y N°8

Transporte N°3: Toma carga a la salida del silo húmedo N°1, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

Transporte N°5: Toma carga a la salida del silo húmedo N°3, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

Transporte N°6: Toma carga a la salida del silo pulmón N°1, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

Transporte N°8: Toma carga a la salida del silo pulmón N°3, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

#### Requerimientos

- Capacidad: 30 toneladas por hora.  $Q = 30 [T/h]$
- Longitud: 7,5 metros.  $L = 7,5 [m] = 22,71 [ft]$
- Inclinación: 15 grados.  $\alpha = 15 [^\circ]$

#### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,26$
- Carga de Artesa 45%
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 37,8 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 250 [mm] = 9,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c * 4 * 60}{3600 * \gamma * \pi * D_r^2 * \lambda * t} = 227 [rpm]$$



Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 37$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 0,38 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 0,76 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 2$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 2,62 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 0,31 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 2,93 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:



- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 4,21 [HP]$$

#### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 5,5 HP y 1450 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 17).

#### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 01, relación 4:1, para motor de 5,5 HP, provisto con espiga, cruceta K 526, y poleas 2B de 130 y 200 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 10).

#### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 5,5 [HP] = 4,1 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 130 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 200 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 290 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:



$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1,5$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 5,36 [kW]$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$231 [mm] < a < 660 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.062 [mm]$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.100 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 290 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 [mm]$$

$$y = 15 [mm]$$



Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = 10 \text{ [m/s]}$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 \cdot v}{L_{dst}} = 18 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 168[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,84$
- $P_N = 3,8 \text{ [kW]}$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,7 \text{ [correas]}$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.100 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11)

### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 95 x 250 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro y 3,91 mm de espesor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 \text{ [mm]}$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 \text{ [mm]}$



- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 1.723 \text{ [Nm]} = 17.575 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 958 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 2,47$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 2,28 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.



### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una reducción del mismo a 40 milímetros para el apoyo en el rodamiento. Las demás dimensiones se pueden observar en sección planos.

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 [cm^3]$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 HP}{n} = 1.723 [Nm] = 17.525 [kgcm]$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 716 [kg/cm^2]$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 3,30$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,51 [^\circ]$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 270 milímetros de diámetro exterior. Las dimensiones se pueden observar en sección planos.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{Da}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = 52,19 [kg] = 0,51 [kN]$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = 4,98 [kg] = 0,049 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 30,7 [kN]$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 19 [kN]$ .
- Factor de calculo  $f_0 = 14$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = 0,37$$

- Valor limite  $e = 0,32$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = 0,46$
- Factor de carga axial  $Y = 1,71$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:



$$F_a/F_r = 10,4$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = 0,9 \text{ [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 39.690 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 48.891.165 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



## Cálculo del transporte helicoidal N°4, y N°7

Transporte N°4: Toma carga a la salida del silo húmedo N°2, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

Transporte N°7: Toma carga a la salida del silo pulmón N°2, y la transporta hasta el pie de noria N°3 que carga la secadora.

### Requerimientos

- Capacidad: 30 toneladas por hora.  $Q = 30 [T/h]$
- Longitud: 4,5 metros.  $L = 4,5 [m] = 13,63[ft]$
- Inclinación: 20 grados.  $\alpha = 20 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,45$
- Carga de Artesa **45%**
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 43,5 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 250 [mm] = 9,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot D_r^2 \cdot \lambda \cdot t} = 262 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 37$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$



Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 0,26 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 0,52 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 2,20$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 1,99 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 0,29 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 2,27 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 3,27 [HP]$$



### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 4 HP y 1500 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 18).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 01, relación 4:1, para motor de 4 HP, provisto con espiga, cruceta K 526, y poleas 2B de 130 y 180 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 18).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 4 [HP] = 3 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 130 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 180 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 500 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1,4$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:



- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 3,9 [kW]$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$217 [mm] < a < 620 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.047 [mm]$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.100 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 306 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 [mm]$$

$$y = 15 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = 10 [m/s]$$



$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 \cdot v}{L_{dst}} = 18 [s^{-1}]$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 171[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,85$
- $P_N = 5,62 [kW]$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 0,8 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.100 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11)

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 95 x 250 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro y 3,91 mm de espesor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 [mm]$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4,148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 1.089 \text{ [Nm]} = 11.107,4 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 605,3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 3,91$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 1,44 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una



reducción del mismo a 40 milímetros, para el apoyo en el rodamiento. Las demás dimensiones pueden observarse en la sección planos.

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 60 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 [cm^3]$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 HP}{n} = 111,1 [Nm] = 11.107,4 [kgcm]$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 452,6 [kg/cm^2]$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 5,22$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,32 [^\circ]$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 270 milímetros de diámetro exterior.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{D\alpha}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = 41,38[\text{kg}] = 0,405 [\text{kN}]$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = 4,84 [\text{kg}] = 0,047 [\text{kN}]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 30,7 [\text{kN}]$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 19 [\text{kN}]$ .
- Factor de calculo  $f_0 = 14$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = 0,3$$

- Valor limite  $e = 0,32$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = 0,46$
- Factor de carga axial  $Y = 1,71$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:

$$F_a / F_r = 8,61$$



Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = \mathbf{0,71 [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 80.842 [\text{millones de revoluciones}]$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 5.142.656 [\text{horas}]$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



## Cálculo del transporte helicoidal N°9

Toma la carga desde la salida de la secadora y la transporta hasta el pie de noria N°5.

### Requerimientos

- Capacidad: 30 toneladas por hora.  $Q = 30 [T/h]$
- Longitud: 11 metros.  $L = 11 [m] = 33,31 [ft]$
- Inclinación: 20 grados.  $\alpha = 20 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,45$
- Carga de Artesa 45%
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 43,5 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 250 [mm] = 9,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c * 4 * 60}{3600 * \gamma * \pi * D_r^2 * \lambda * t} = 262 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 37$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 0,64 [HP]$$



Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 1,28 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 1,6$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 3,31 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 0,70 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 4,01 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 5,76 [HP]$$

#### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.



- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 5,5 HP y 1450 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 17).

#### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 01, relación 4:1, para motor de 7,5 HP, provisto con espiga, cruceta K 526, y poleas 2B de 130 y 180 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 10).

#### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 5,5 [HP] = 4,1 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 130 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 180 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 306 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1,4$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 5,33 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$\mathbf{217 [mm] < a < 620 [mm]}$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = \mathbf{1043 [mm]}$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = \mathbf{1.100 [mm]}$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = \mathbf{306 [mm]}$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = \mathbf{20 [mm]}$$

$$y = \mathbf{15 [mm]}$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = \mathbf{10 [m/s]}$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 v}{L_{dst}} = \mathbf{18 [s^{-1}]}$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 168[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,85$
- $P_N = 5,62 [kW]$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,1 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.100 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 95 x 250 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro y 3,91 mm de espesor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 [mm]$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 1.497 \text{ [Nm]} = 15.272 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 832,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 2,84$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 1,98 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

#### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una reducción del mismo a 40 milímetros para el apoyo en el rodamiento. Las demás dimensiones se podrán observar en sección planos.



A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50$  [mm]
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 1.497 \text{ [Nm]} = 15.272 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 622 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 3,8$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,44 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.

#### Artesa

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 270 milímetros de diámetro exterior. Las demás dimensiones se podrán observar en la sección planos.



## Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left( \frac{D\alpha}{2} \right)^2 L \gamma \sin \alpha = \mathbf{111,5 [kg]} = \mathbf{1,1 [kN]}$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = \mathbf{4,85 [kg]} = \mathbf{0,048 [kN]}$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = \mathbf{30,7 [kN]}$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = \mathbf{19 [kN]}$ .
- Factor de calculo  $f_0 = \mathbf{14}$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = \mathbf{0,81}$$

- Valor limite  $e = \mathbf{0,36}$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = \mathbf{0,46}$
- Factor de carga axial  $Y = \mathbf{1,52}$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:

$$F_a / F_r = \mathbf{22,91}$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = \mathbf{1,7 [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

---



$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 5889 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 374.618 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



## Cálculo del transporte helicoidal N°10

Toma la carga desde la salida de la secadora y la transporta hasta el pie de noria N°5.

### Requerimientos

- Capacidad: 60 toneladas por hora.  $Q = 30 [T/h]$
- Longitud: 4,6 metros.  $L = 4,6 [m] = 13,93 [ft]$
- Inclinación: 30 grados.  $\alpha = 30 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,7$
- Carga de Artesa 45%
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 51 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 250 [mm] = 9,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot D_r^2 \cdot \lambda \cdot t} = 307 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 37$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_f = \frac{L \cdot n \cdot F_d \cdot F_b}{1000000} = 0,32 [HP]$$



Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 0,63 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 2,1$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 2,28 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 0,50 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 2,77 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 3,99 [HP]$$

#### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.



- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 4 HP y 1450 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 18).

#### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 01, relación 4:1, para motor de 7,5 HP, provisto con espiga, cruceta K 526, y poleas 2B de 130 y 150 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 10).

#### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 4 [HP] = 3,1 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 130 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 150 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 261 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1,2$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 3,9 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$\mathbf{196 [mm] < a < 560 [mm]}$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = \mathbf{920 [mm]}$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = \mathbf{1040 [mm]}$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = \mathbf{300 [mm]}$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = \mathbf{20 [mm]}$$

$$y = \mathbf{15 [mm]}$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = \mathbf{10 [m/s]}$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 v}{L_{dst}} = \mathbf{19 [s^{-1}]}$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 174[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,84$
- $P_N = 5,62 [kW]$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 0,8 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1040 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 95 x 250 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono (SCH 40), de 60,3 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 [mm]$
- Diámetro interior  $D_i = 59,2 [mm]$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 [cm^4]$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 929 \text{ [Nm]} = 9474 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 516,3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 4,58$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 1,23 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

#### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una reducción del mismo a 40 milímetros para el apoyo en el rodamiento. Las demás dimensiones se pueden observar en la sección planos.



A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50$  [mm]
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 929 \text{ [Nm]} = 9474 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 386 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 6,12$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,28 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.

#### Artesa

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 270 milímetros de diámetro exterior. Las demás dimensiones se pueden observar en la sección planos.



## Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left( \frac{Da}{2} \right)^2 L \gamma \sin \alpha = \mathbf{68,18 [kg]} = \mathbf{0,66 [kN]}$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = \mathbf{4,46 [kg]} = \mathbf{0,044 [kN]}$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = \mathbf{30,7 [kN]}$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = \mathbf{19 [kN]}$ .
- Factor de calculo  $f_0 = \mathbf{14}$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = \mathbf{0,49}$$

- Valor limite  $e = \mathbf{0,36}$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = \mathbf{0,46}$
- Factor de carga axial  $Y = \mathbf{1,71}$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:

$$F_a / F_r = 15$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = \mathbf{1,15 [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:



$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 19.024 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 1.032.837 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



## Cálculo de rosca extractora N°1 y N°2

Extrae el material del interior de los silos de acopio N°1 y N°2 y lo transporta a la Noria N°5

### Requerimientos

- Capacidad: 60 toneladas por hora.  $Q = 60 [T/h]$
- Longitud: 9 metros.  $L = 9 [m] = 27,25 [ft]$
- Inclinación: 45 grados.  $\alpha = 45 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,80$
- Carga de Artesa **45%**
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 108 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 300 [mm] = 11,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot D_r^2 \cdot \lambda \cdot t} = 375 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 55$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:



$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 1,13 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 2,60 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 2,4$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 5,35 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 2,93 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 8,27 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 11,89 [HP]$$



### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 12,5 HP y 1500 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 9).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 02, relación 4:1, para motor de 12 HP, provisto con espiga, cruceta K 518, y poleas 3B de 180 y 180 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 10).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 12 [HP] = 9 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 180 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 180 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 327 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:



- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 11,70 \text{ [kW]}$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$252 \text{ [mm]} < a < 720 \text{ [mm]}$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.219 \text{ [mm]}$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.220 \text{ [mm]}$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 327 \text{ [mm]}$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 \text{ [mm]}$$

$$y = 15 \text{ [mm]}$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = 14 \text{ [m/s]}$$



$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 \cdot v}{L_{dst}} = 22 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 180[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,87$
- $P_N = 6,91 \text{ [kW]}$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,9 \text{ [correas]}$$

Para esta transmisión, se adoptan tres correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.220 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo11).

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 120 x 300 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono (SCH 40), de 60,3 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 \text{ [mm]}$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 \text{ [mm]}$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2.274 \text{ [Nm]} = 23.192 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 1.264 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 1,87$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 3 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una



reducción del mismo a 40 milímetros. Las demás dimensiones se pueden observar en la sección planos.

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50$  [mm]
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2.274 \text{ [Nm]} = 23.192 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 945 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 2,5$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,68 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 320 milímetros de diámetro exterior. Las demás dimensiones se pueden observar en la sección anexos.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{Da}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = \mathbf{230 [kg]} = \mathbf{2,26 [kN]}$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = \mathbf{4,13 [kg]} = \mathbf{0,035 [kN]}$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = \mathbf{30,7 [kN]}$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = \mathbf{19 [kN]}$ .
- Factor de calculo  $f_0 = \mathbf{14}$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = \mathbf{1,03}$$

- Valor limite  $e = \mathbf{0,38}$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = \mathbf{0,46}$
- Factor de carga axial  $Y = \mathbf{1,41}$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:



$$F_a/F_r = 64$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = 3,20 \text{ [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 880 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 39.041 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Carga del transporte

La boca de carga del transporte se encuentra bajo la masa del grano, la misma cuenta con una tapa deslizante (tipo guillotina) que permite el cierre o apertura de la misma. Se encuentra fabrica con chapa rolada de 4,75 mm de espesor, adquiriendo la forma tubular; es accionada mediante un pistón neumático normalizado DSBC-100-400 (Ver Anexo 16); este último es vinculado a la tapa deslizante, mediante una varilla de acero SAE 1045 de 12 mm de diámetro.

Los cálculos necesarios para este punto son la verificación de la fuerza de rozamiento de la tapa sobre las guías, producida por el peso del grano sobre la misma, que debe ser menor que la fuerza que puede suministrar el cilindro neumático. Y que la barra de acero que vincula el cilindro y la tapa soporte dicho esfuerzo de tracción.

Se procede con la verificación de la fuerza de rozamiento.

Datos:

- Altura de columna de grano:  $h = 19 \text{ [m]}$
- Inclinación del transporte:  $\alpha = 45 \text{ [}^\circ\text{]}$
- Peso específico del material:  $\gamma = 750 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Coeficiente de rozamiento:  $\mu = 0,5 \text{ [adimensional]}$



- Longitud de la tapa:  $l = 0,43 [m]$
- Ancho de la tapa:  $a = 0,28 [m]$

Área proyectada  $A_p$  estará dada por:

$$A_p = l a = 0,085 [m^2]$$

El volumen  $V$  sobre la tapa será:

$$V = A_p h = 1,61 [m^3]$$

El peso  $P$  de dicho material estará dado por:

$$P = V \gamma = 1213,18 [kg]$$

La normal fuerza normal  $F_N$  resulta:

$$F_N = P \cos \alpha = 857,85 [kg]$$

La fuerza de rozamiento  $F_R$  a vencer por el cilindro será:

$$F_R = F_N \mu = 428,92 [kg]$$

El cilindro es capaz de proporcionar una fuerza en retorno (menor que en avance) de **450 [kg]**, por lo cual verifica.

Verificación de la barra de vinculación, a la tracción:

Datos de la barra:

- Diámetro:  $D = 12 [mm] = 1,2 [cm]$
- Área:  $A = 1,13 [cm^2]$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1010.

- Resistencia máxima  $S_u = 4.710 [kg/cm^2]$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 3.867 [kg/cm^2]$

Esfuerzo al que se encuentra sometida la barra en el caso de mayor sollicitación (caso en el que el pistón aplica los 450 kg):

$$S_{calculo} = \frac{F}{A} = 398 [kg/cm^2]$$



Por lo que nos resulta un coeficiente de seguridad  $N$ :

$$N = \frac{1}{S_s/S_y} = 9,7$$

Por lo que la barra resistirá perfectamente el esfuerzo al que será sometida.



## Cálculo de rosca extractora N°3 y N°4

Extrae el material del interior de los silos de acopio N°3 y N°4 y lo transporta a la Noria N°5

### Requerimientos

- Capacidad: 60 toneladas por hora.  $Q = 60 [T/h]$
- Longitud: 10 metros.  $L = 10 [m] = 30,28 [ft]$
- Inclinación: 45 grados.  $\alpha = 45 [^\circ]$

### Cálculo del transporte

Datos:

- Factor del material  $Fm = 0,4$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 [T/m^3]$  o  $\gamma = 47 [Lb/ft^3]$
- Factor de inclinación  $Fi = 1,80$
- Carga de Artesa **45%**
- Coeficiente de llenado  $\lambda = 0,3$

Determinación capacidad de cálculo:

$$Q_c = Q F_i = 108 [T/h]$$

Determinación del diámetro, paso y revoluciones:

Se adopta  $t = D_R$  y se prueban diámetros comerciales hasta tener una velocidad aceptable mediante la siguiente ecuación:

$$t = D_R = 300 [mm] = 11,8 [in]$$

$$n = \frac{Q_c \cdot 4 \cdot 60}{3600 \cdot \gamma \cdot \pi \cdot D_r^2 \cdot \lambda \cdot t} = 375 [rpm]$$

Se calcula la potencia para mover el transportador en vacío, para ello se deben determinar los siguientes factores:

- Factor de diámetro  $F_d = 55$
- Factor de buje para colgante  $F_b = 2$

Aplicando la siguiente ecuación:



$$HP_f = \frac{L n F_d F_b}{1000000} = 1,25 [HP]$$

Se calcula la potencia necesaria para mover el material, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor por porcentaje de carga del transportador  $F_f = 1$
- Factor del material  $F_m = 0,4$
- Factor de paleta  $F_p = 1$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$HP_m = \frac{Q_c L \gamma F_f F_m F_p}{1000000} = 2,88 [HP]$$

Se calcula la potencia total horizontal, para ello se determinan los siguientes factores:

- Factor de sobrecarga  $F_0 = 1,1$
- Factor de eficiencia  $e = 0,87$

$$HP_h = \frac{(HP_f + HP_m) F_0}{e} = 5,20 [HP]$$

Se calcula la potencia para elevar el material mediante la siguiente ecuación:

$$HP_r = \frac{\left(\frac{Q_c H}{270}\right)}{e} = 3,20 [HP]$$

La potencia total estará dada por:

$$HP_t = (HP_h + HP_r) = 8,40 [HP]$$

Determinación de la potencia efectiva, para ello se debe determinar antes:

- Margen adicional que depende de la potencia  $G = 1,25$
- Factor de eficiencia en la transmisión  $\eta = 0,87$

$$HP = \frac{HP_t G}{\eta} = 12,06 [HP]$$



### Selección del motor

Para la selección del motor se debe tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- Potencia.
- Revoluciones.
- Tensión.
- Protección IP (porque están a la intemperie).

Se selecciona un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de la serie W22 de 12,5 HP y 1500 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 9).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHV 02, relación 4:1, para motor de 12 HP, provisto con espiga, cruceta K 518, y poleas 3B de 180 y 180 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 10).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 12 [HP] = 9 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 180 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 180 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 327 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 1$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:



- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 11,70 \text{ [kW]}$$

En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$252 \text{ [mm]} < a < 720 \text{ [mm]}$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 1.219 \text{ [mm]}$$

De catalogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente, más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 1.220 \text{ [mm]}$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 327 \text{ [mm]}$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 20 \text{ [mm]}$$

$$y = 15 \text{ [mm]}$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19.100} = 14 \text{ [m/s]}$$



$$F_b = \frac{2 \cdot 1.000 \text{ v}}{L_{dst}} = 22 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 180[^\circ]$
- $C_1 = 1$
- $C_3 = 0,87$
- $P_N = 6,91 \text{ [kW]}$

El número necesarios de correas esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,9 \text{ [correas]}$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 1.220 milímetros de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Helicoidal

El sinfín seleccionado es fabricado por SinfinesFas, modelo SF x 60 x 120 x 300 (eje x ala x diámetro) de acero al carbono y paso estándar. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 12).

#### Eje del helicoidal

Para el eje del helicoidal se utilizará un tubo de acero al carbono, de 60,3 milímetros de diámetro. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 13).

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D_e = 60,3 \text{ [mm]}$
- Diámetro interior  $D_i = 5,2 \text{ [mm]}$
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) = 55,3 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:



$$Z' = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) = 18,4 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1045.

- Resistencia máxima  $S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Resistencia de fluencia en torsión  $S_{ys} = 2.364,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
- Módulo de elasticidad  $E = 800.000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2.463 \text{ [Nm]} = 25.125 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 1.370 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 1,73$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 3,25 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que el eje resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos, si bien el valor del ángulo de torsión es superior al recomendado, se debe tener en cuenta que el mismo, se encuentra reforzado por el sin-fin montado mediante soldadura sobre él.

#### Espiga inferior

Para la espiga se utilizará un eje de acero al carbono SAE 1045, con un diámetro en el extremo insertado en el eje del helicoidal de 52 milímetros y en extremo opuesto una



reducción del mismo a 40 milímetros. Las demás dimensiones pueden observarse en la sección planos.

A continuación, se hace la verificación mecánica del mismo:

Datos del eje:

- Diámetro exterior  $D = 50$  [mm]
- Momento polar de la sección:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4) = 61 \text{ [cm}^4\text{]}$$

- Modulo polar de la sección:

$$Z' = \frac{\pi}{16}(D^3) = 24,54 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Datos del material: Acero al carbono SAE 1045.

Se determina el par aplicado al eje mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{71210 \text{ HP}}{n} = 2.463 \text{ [Nm]} = 25.125 \text{ [kgcm]}$$

Se determina el esfuerzo de corte al cual se encuentra sometido el eje:

$$S_s = \frac{T}{Z'} = 1023 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

El coeficiente de seguridad y el ángulo de torsión están dados por las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{1}{S_s/S_{ys}} = 2,3$$

$$\theta = \frac{T L}{J E} = 0,73 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Con estos resultados podemos determinar que la espiga resistirá adecuadamente los esfuerzos mecánicos.



Artesa

La artesa es construida con tubo de acero al carbono de espesor 2 milímetros y 320 milímetros de diámetro exterior. Las demás dimensiones pueden observarse en la sección planos.

### Rodamiento

Determinación de las cargas actuantes sobre el rodamiento:

$$F_a = (P_h + P_e) \sin \alpha L + 0,45 \pi \left(\frac{Da}{2}\right)^2 L \gamma \sin \alpha = \mathbf{209 [kg]} = \mathbf{2,06 [kN]}$$

$$F_r = (P_h + P_e) \cos \alpha L = \mathbf{4,13 [kg]} = \mathbf{0,035 [kN]}$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de inserción, y es adoptado acorde al tamaño necesario y luego se procede a la estimación de la vida útil del mismo:

Designación del rodamiento: SKF YET 208, con su correspondiente soporte FYK 508, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertinentes al cálculo de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 14 y 15).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = \mathbf{30,7 [kN]}$ .
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = \mathbf{19 [kN]}$ .
- Factor de calculo  $f_0 = \mathbf{14}$

Se determina la siguiente relación para obtener los demás datos del catálogo:

$$f_0 F_a / C_0 = \mathbf{0,93}$$

- Valor limite  $e = \mathbf{0,38}$
- Factor de carga radial del rodamiento  $X = \mathbf{0,46}$
- Factor de carga axial  $Y = \mathbf{1,41}$

Se procede a determinar la relación entre  $F_a$  y  $F_r$ , y se lo compara con el valor limite  $e$ , dependiendo el resultado se empleará la ecuación que corresponda para determinar la carga dinámica equivalente:



$$F_a/F_r = 58,85$$

Entonces:

$$P = XF_r + YF_a = 2,92 \text{ [kN]}$$

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 1162 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = 51.377 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Carga del transporte

La boca de carga del transporte se encuentra bajo la masa del grano, la misma cuenta con una tapa deslizante (tipo guillotina) que permite el cierre o apertura de la misma. Se encuentra fabrica con chapa rolada de 4,75 mm de espesor, adquiriendo la forma tubular; es accionada mediante un pistón neumático normalizado DSBC-100-400 (Ver Anexo 16); este último es vinculado a la tapa deslizante, mediante una varilla de acero SAE 1045 de 12 mm de diámetro.

Los cálculos necesarios para este punto son la verificación de la fuerza de rozamiento de la tapa sobre las guías, producida por el peso del grano sobre la misma, que debe ser menor que la fuerza que puede suministrar el cilindro neumático. Y que la barra de acero que vincula el cilindro y la tapa soporte dicho esfuerzo de tracción.

Se procede con la verificación de la fuerza de rozamiento.

Datos:

- Altura de columna de grano:  $h = 10 \text{ [m]}$
- Inclinación del transporte:  $\alpha = 45 \text{ [}^\circ\text{]}$
- Peso específico del material:  $\gamma = 750 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Coeficiente de rozamiento:  $\mu = 0,5 \text{ [adimensional]}$



- Longitud de la tapa:  $l = 0,43 [m]$
- Ancho de la tapa:  $a = 0,28 [m]$

Área proyectada  $A_p$  estará dada por:

$$A_p = l a = 0,085 [m^2]$$

El volumen  $V$  sobre la tapa será:

$$V = A_p h = 0,85 [m^3]$$

El peso  $P$  de dicho material estará dado por:

$$P = V \gamma = 638,51 [kg]$$

La normal fuerza normal  $F_N$  resulta:

$$F_N = P \cos \alpha = 451,5 [kg]$$

La fuerza de rozamiento  $F_R$  a vencer por el cilindro será:

$$F_R = F_N \mu = 225,75 [kg]$$

El cilindro es capaz de proporcionar una fuerza en retorno (menor que en avance) de **450 [kg]**, por lo cual verifica.

Verificación de la barra de vinculación, a la tracción:

Datos de la barra:

- Diámetro:  $D = 12 [mm] = 1,2 [cm]$
- Área:  $A = 1,13 [cm^2]$

Datos del material:

Acero al carbono SAE 1010.

- Resistencia máxima  $S_u = 4.710 [kg/cm^2]$
- Resistencia de fluencia  $S_y = 3867 [kg/cm^2]$

Esfuerzo al que se encuentra sometida la barra en el caso de mayor sollicitación (caso en el que el pistón aplica los 450 kg):

$$S_{calculo} = \frac{F}{A} = 398 [kg/cm^2]$$



Por lo que nos resulta un coeficiente de seguridad  $N$ :

$$N = \frac{1}{S_s/S_y} = 9,7$$

Por lo que la barra resistirá perfectamente el esfuerzo al que será sometida.



## Cálculo de elevadores de cangilones

### Procedimiento de cálculo

El cálculo y dimensionamiento de los siguientes transportes están basados fundamentalmente en el uso de ecuaciones del manual técnico Martin, más precisamente en el capítulo de manejo de materiales, pero también teniendo en cuenta las prácticas comunes y experiencia de fabricantes tanto de transportes como de componentes de los mismos, que se encuentran en nuestro país.

Además, se calcularán y determinarán todos los componentes necesarios para su fabricación, tales como transmisiones, rodamientos, motores, etc.

A continuación, se exponen procedimientos, aspectos y factores a determinar que son comunes a todos los transportes que se calcularán; los mismos son los siguientes:

- El manual en el que se basan los cálculos utiliza unidades del sistema inglés de medida, en nuestro mercado, los diferentes componentes para la fabricación de los transportes se encuentran en el sistema métrico, es por este motivo que se adaptan las recomendaciones del manual a las dimensiones que se encuentran en nuestro mercado.
- Como primera instancia se debe tener en cuenta el material que se transportará para así poder seleccionar el tipo de elevador de cangilones. Los mismos vienen de descarga continua o descarga centrifuga; de doble pierna o simple pierna; de cadena o de banda y con rodillo tensor en la cabeza o en la bota. En nuestro caso se seleccionaron elevadores de cangilones de descarga centrifuga, de doble pierna, con cangilones montados en banda y con rodillo tensor en la bota.
- Los mismos serán calculados para el arroz con cascara, que es el material que representa las condiciones más desfavorables. Dicho material posee un peso específico de 0,75 toneladas por metro cubico o lo que es su equivalente 47 libras por pie cubico.



Material	Densidad LBS/PIE <sup>3</sup>	Código de Material	Series de Elevadores* Recomendadas
Arena de Fundición	90-100	D3-37Z	B, G
Arena, húmeda	110-130	B6-47	B, G
Arena, seca	90-110	B6-37	B, G
Arroz, a medio moler	42-45	B6-35P	A, C
Arroz, con cáscara	45-49	C12-25P	E
Arroz, Salvado	20	B6-35NY	E
Asfalto, Triturado ½"	45	C12-45	A, C, F
Astillas de Madera, cribadas	10-30	D3-45VY	B, D
Avena	26	C12-25MN	E
Avena, Rolada	19-24	C12-35NY	A, C
Azúcar	55-65	B6-35PX	A, C
Feldespatos, molido	65-80	A100-37	A, C, F,

Tabla 21- Peso específico de materiales

- Luego se deberá utilizar la fórmula del cálculo de la capacidad máxima del mismo, la cual es la siguiente:

$$Q = 3600 Z q v \gamma \varphi$$

Donde:

$$Q = \text{capacidad del elevador. } \left[ \frac{\text{Tn}}{\text{h}} \right]$$

$$Z = \text{Cangilones/metro. } \left[ \frac{1}{\text{m}} \right]$$

$$q = \text{capacidad del cangilón. } [\text{m}^3]$$

$$V = \text{velocidad. } \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

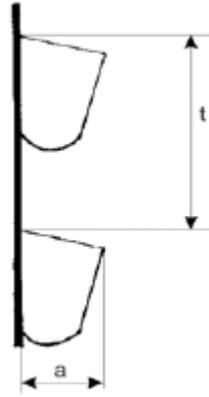
$\varphi$  = Rendimiento volumétrico.

$$\gamma = \text{Peso específico. } [\text{Tn}/\text{m}^3].$$

Se utilizarán cangilones discontinuos, y por tal motivo las velocidades son altas y varían entre 1,2 a 4 [m/s].

El paso "t", para cangilones discontinuos, viene dado por:

$$t = (2,7 - 3) a[\text{mm}]$$



*Ilustración 34 - paso de cangilones.*

Donde:

$$Z = t/1000.$$

El rendimiento volumétrico  $\varphi$  para cereales se toma de 0,8.

Como en nuestro caso ya se tiene determinada la capacidad que se necesita que tenga nuestro elevador de cangilones. Se despeja “q”, para así obtener la capacidad que deben tener los cangilones, entrar al catálogo de los mismos y seleccionar el que más se acerca al valor obtenido.

Con el valor real de la capacidad del cangilón que se selecciona y el valor nuevo que se obtiene de Z, se recalcula la capacidad real del elevador de cangilones y se interactúa con la velocidad para que la capacidad máxima dé lo más aproximado al valor que se está buscando.

- Diámetro de la polea de mando o tambor: en general, para norias de baja capacidad, altura pequeña (<30 [m]), para granos, puede hacerse  $D = (0,6 - 0,8) \times D_p$ .

$$D_p = \frac{1,232 V^2}{g} [m]$$

En los cálculos siguientes de los elevadores de cangilones se utilizará  $D_p = 0,5$  [m].

- Cálculo de esfuerzos: se determinarán las diferentes cargas que se involucran en el sistema, las cuales son 3, debido a las cargas a elevar, al dragado y al rozamiento entre partes móviles. Sumadas estas 3 cargas nos dará la carga total.



Las mismas, son calculadas con las siguientes formulas:

Elevación de la Carga:

$$P_1 = \frac{Q H}{3,6 V}$$

Fuerza de Dragado:

$$P_2 = \frac{4 Q D_p}{3,6 V}$$

Rozamiento entre Partes Móviles:

$$P_3 = \mu P_n H$$

Dónde:

Q = Capacidad del elevador.  $\left[\frac{Tn}{h}\right]$

H = Altura del elevador. [m]

V = velocidad.  $\left[\frac{m}{s}\right]$

D<sub>p</sub> = Diámetro polea. [m]

μ = Coeficiente de rozamiento de los rodamientos → μ = 0.033 (De tabla).

P<sub>n</sub> = Peso de las partes móviles. [Kg]

Con lo que obtenemos el total de las cargas a elevar de la siguiente manera:

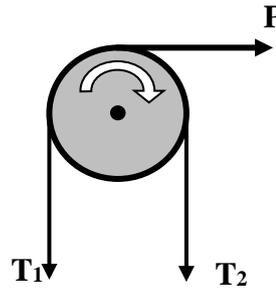
$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Luego, se calcula la tensión del ramal flojo y del ramal cargado, de la siguiente manera:

$$Tension\ del\ ramal\ flojo = T_2 = \left( \frac{Peso\ cangilones\ vacios}{2} + \frac{Peso\ de\ la\ cinta}{2} \right)$$

$$Tension\ ramal\ cargado = T_1 = T_2 + P$$

Ahora que se calcularon T1 y T2 se procede a la verificación de deslizamiento:



*Ilustración 45- Tensiones en el tambor motriz.*

Para que no exista deslizamiento entre la cinta y el tambor se debe cumplir con la ecuación de Euler:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

- $\alpha = 180^\circ$  (siempre)
- $\mu = 0.25$  (tambor desnudo).

Los valores de  $e^{\mu \cdot \alpha}$  para distintos coeficientes de fricción son los siguientes:

$\alpha$	Operación húmeda Polea desnuda	Operación seca Polea desnuda	Operación seca Polea con goma
180	1,87	2,19	3,00
$\mu$	0,2	0,25	0,35
a	0,9	1,2	2

*Tabla 22- valores para la ecuación de Euler.*

En caso de no verificar la ecuación de Euler, se debe agregar una tensión adicional, la cual se define como tensión de tensado “Tt” y viene dada por la siguiente relación:

$$T_t = P - a \times T_2$$

Con una tensión de tensado de esta magnitud se queda al límite, por lo que se aplica una tensión ligeramente superior a la misma así se asegura la adherencia en cualquier condición.



Ahora para poder obtener la resistencia de la cinta a utilizar, se calcula una tensión máxima que la misma tendrá que soportar, incrementándola en un 10%. De la siguiente manera:

$$T_{\max} = T_2 + P + Tt$$

El valor obtenido, se aumenta un 10% para tener un margen de seguridad; y ya que la tensión viene dada en [kgf], se multiplica por la gravedad (9,81[m/s<sup>2</sup>]) para pasarla a [N]; y dicho resultado se divide por el ancho de la cinta en [mm] que se usará. Quedando un resultado en [N/mm], el cual viene expresado en los catálogos de cintas y con el mismo se busca la cinta que más se acerque a dicho valor.

Potencia: La potencia que se necesita en el eje viene dada por:

$$N_e[\text{CV}] = \frac{P V}{75}$$

Se calcula la velocidad angular que se necesita en el eje de la siguiente manera:

$$n [\text{rpm}] = \frac{60 v}{\pi Dp}$$

Luego a la potencia calculada se la afecta por los rendimientos, tanto de reducción como del motor eléctrico. Por lo tanto, la potencia total que se necesita para mover el sistema viene dada por:

$$N_t[\text{CV}] = \frac{N_e}{\eta_r \eta_m}$$

Dónde:

$\eta_r$  = rendimiento de reducción.

$\eta_m$  = rendimiento del motor eléctrico.

- Las piernas serán construidas doble y las dimensiones dependerán de cada transporte.



Las mismas serán construidas de a tramos de un metro (1 metro) de altura y se utilizará chapa negra calibre 12 (2,5 mm); el primer tramo, cuenta con dos tapas de inspección, para poder realizar mantenimiento desde la parte inferior; construidas con el mismo material.

- Diseño de bridas para la unión de los tramos de piernas, las mismas estarán construidas con hierro ángulo de  $\frac{1}{2}$ " de lado x  $\frac{1}{4}$ " de espesor, las dimensiones de la misma dependerán de las dimensiones de la pierna, por lo cual se detallará en cada transporte y serán unidas a la misma mediante un cordón de soldadura.
- La cabeza será construida de forma tal que se pueda desarmar su parte superior y poder realizar mantenimiento de las partes móviles, recambio de piezas, verificar desgastes, ruidos, etc.

La misma será construida con chapa negra calibre 10 (3,2 mm), contando con un par de visores en la parte de descarga, para poder visar posibles atascos, averías o correcto funcionamiento.

- En la cabeza del elevador de cangilones, más precisamente en la parte opuesta a la salida del material, se realizó un soporte para el motor con la misma chapa utilizada para la construcción de la cabeza. El mismo es soportado al cuerpo mediante bulones.

Cuenta con un mecanismo de tensado, el cual mueve el reductor haciendo que se separe el eje del mismo respecto al eje del motor, para así poder realizar el tensado de la/las correas de transmisión.

- La bota del elevador de cangilones está construida con chapa negra calibre  $\frac{3}{4}$ " (4,75 mm) y cuenta con un sistema para poder desplazar el tambor inferior hacia arriba o hacia abajo para poder realizar el tensado de la cinta. Básicamente está compuesto por una placa donde van acoplados los soportes de los rodamientos por donde pasa el eje del tambor inferior; dicha placa se desplaza por guías pertenecientes a la bota. El tensado se realiza mediante el ajuste de tuercas en un hierro roscado que une la placa con la bota.
- Los tambores están construidos con tubos de hierro de 50 cm de diámetro y espesor de  $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm). El largo dependerá de la dimensión del elevador de cangilones, por lo que se especificará más adelante. Y en sus laterales, cuenta con tapas de chapa lisa calibre  $\frac{5}{16}$ " (7,93 mm), unidas con cordón de soldadura. A su vez, cuenta con un eje pasante de acero SAE 1045 laminado,



de 82,5 mm de diámetro, el cual va soldado a las mismas. Los ejes, se tornearán con un escalonamiento para su fácil construcción. Y sus dimensiones dependen de las características del elevador de cangilones, por lo que se especificarán en los cálculos de cada uno.

- Los rodamientos utilizados serán rodamientos de bolas a rotula 1313 ETN9, alojados en un soporte de rodamiento SNL 516-613.
- Los elevadores de cangilones, contarán de una escalera con protección; la cual servirá para ascender a la plataforma situada en la cabeza del elevador. Dicha plataforma está construida de forma tal que pueda soportar el peso de al menos dos operarios, para que puedan realizar mantenimiento.



## Cálculo de elevador de cangilones N°1

### Requerimientos

- Capacidad:  $Q = 60 \left[ \frac{Tn}{h} \right]$
- Altura:  $H = 8 \text{ [m]} = 26,25 \text{ [ft]}$

### Cálculo del transporte

#### Datos:

- Velocidad  $v = 2,6 \left[ \frac{m}{s} \right]$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 \left[ \frac{T}{m^3} \right]$  o  $\gamma = 47 \left[ \frac{Lb}{ft^3} \right]$
- Rendimiento volumétrico  $\varphi = 0,8$
- Cangilones por metro  $Z = 2 \text{ [cang/m]}$

Determinación de capacidad de cada cangilón:

$$q = \frac{Q}{3600 \gamma \varphi v Z} = 0,00532 \text{ [m}^3] = 5,32 \text{ [litros]}$$

Con esta capacidad, se entró a catálogos de cangilones y se seleccionó cangilones de poliuretano inyectado con las siguientes características:

- Ancho (A): 324 [mm].
- Proyección (B): 220 [mm].
- Profundidad (C): 170 [mm].
- Capacidad (q): 6,3 [litros].

$$p = (2.7 - 3) a = 594 \text{ [mm]}$$

$$Z = \frac{1000}{p} = 1,68$$

Usamos  $Z = 1,7 \text{ [cang/m]}$ ;  $q = 0,0063 \text{ [m}^3]$  y recalculamos la capacidad del elevador de cangilones, dando  $Q = 60,38 \text{ [Tn/h]}$ .

Con esta capacidad calculamos de los esfuerzos:

Elevación de la Carga:



$$P_1 = \frac{Q H}{3,6 V} = 51,6 \text{ [kg]}$$

Fuerza de Dragado:

$$P_2 = \frac{4 Q D_p}{3,6 V} = 12,9 \text{ [kg]}$$

Rozamiento entre Partes Móviles:

$$P_3 = \mu P_n H = 8,67 \text{ [kg]}$$

Carga total:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 73,2 \text{ [kg]}$$

Cálculo de las tensiones involucradas:

Tensión del ramal flojo:

$$T_2 = \left( \frac{\text{Peso cangilones vacios}}{2} + \frac{\text{Peso de la cinta}}{2} \right) = 45,26 \text{ [kgf]}$$

Tensión de ramal cargado:

$$T_1 = T_2 + P = 118,4 \text{ [kgf]}$$

Verificación de deslizamiento:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$2.62 \leq 2.2$$

Como no se cumple la relación, se debe calcular una tensión de tensado:

$$T_t = P - a \times T_2 = 18,86 \text{ [kg]}$$

$$T_{\text{lim}} = T_2 + P + T_t = 137,3 \text{ [kg]}$$

$$T_{\text{max}} = T_{\text{lim}} + 10 \% = 151 \text{ [kg]} = 1481,6 \text{ [N]}$$



### Selección de cinta transportadora

Para la selección de la cinta transportadora, tenemos en cuenta distintos factores; como ser: el tipo de material a transportar, temperaturas de trabajo, tensiones máximas, etc.

Nuestra cinta transportadora en particular, tendrá un ancho de 350 [mm]; por lo que deberá soportar

$$\text{Carga de trabajo} = \frac{1481,6[\text{N}]}{350 [\text{mm}]} = 4,23 [\text{N/mm}]$$

Seleccionamos:

### Cinta transportadora ESPOT 30CC

- Material: **PVC**.
- Espesor total: **6,2 [mm]**.
- Peso total: **7,7 [kg/m<sup>2</sup>]**.
- Carga de trabajo al 1% de alargamiento: **30 [N/mm]**.
- Ancho: **350 [mm]**.

En la sección anexos se pueden observar mas detalles de la cinta. (Ver Anexo 19).

Procedemos al cálculo de la potencia:

Potencia necesaria en el eje:

$$N_e = \frac{P V}{75} = 2,54 [\text{CV}]$$

Calculamos la velocidad angular:

$$n = \frac{60 v}{\pi D p} = 99,3 [\text{rpm}]$$

Afectamos a la potencia necesaria en el eje por los rendimientos del motor eléctrico y del reductor:

Tomando:  $\eta_r = 0,6$  y  $\eta_m = 0,88$

Potencia total:

$$N_t = \frac{N_e}{\eta_r \eta_m} = 4,8 [\text{CV}] = 3,6 [\text{KW}]$$



### Selección del motor

Se selecciona un motor a prueba de polvo de la serie W22 ya que son una excelente opción para procesamiento de granos y cereales; Tiene protección por envoltorio (Ex tb) y representa confiabilidad y seguridad ante la presencia de polvo combustible en suspensión o en camada. Se trata de un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de 5,5 HP y 1430 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 17).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHS TXT 205, relación 35:1, para motor de 5,5 HP, provisto con clinch y chaveta; posee poleas 2B de 100 y 290 milímetros de diámetro, con tensor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 20).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 5,5 [HP] = 4 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 100 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 290 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 755 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 2,9$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 5,2 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro caso el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$273 [mm] < a < 780 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 2.134,2 [mm]$$

De catálogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 2.120 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 756,13 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 25 [mm]$$

$$y = 20 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = 7,48 [m/s]$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 v}{L_{dst}} = 7 [s^{-1}]$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 165[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,92$
- $P_N = 3,26 [kW]$

El número necesarios de correas está dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,43 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 2120 [mm] de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Rodamiento

En este caso solo tendremos cargas radiales actuantes en el rodamiento, las mismas vienen dadas por el peso de los elementos transportados, como ser peso de la cinta, tambores, cangilones, carga, etc.

Se calcula la carga dinámica equivalente del rodamiento:

- Peso de la cinta: 51,74 [Kg]
- Peso de los cangilones vacíos: 38,8 [Kg]
- Peso de la carga: 76,65 [Kg]
- Peso de los tambores con eje: 172,27 [Kg]

$$P = 340 [kg] = 3,34 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de bolas a rotula, con dos hileras.

Designación del rodamiento: SKF 1313 ETN9, con su correspondiente soporte SNL 516-613, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertenecientes al cálculo



de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 21 y 22).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 65$  [kN].
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 25,5$  [kN].
- Exponente para rodamientos de bolas  $p = 3$ .

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 7.304,7 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

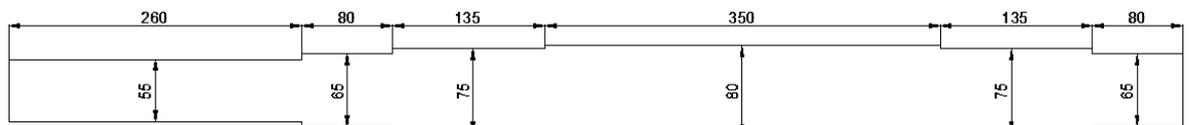
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 1.226.041,4 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Eje de tambor motriz

Para la construcción del eje perteneciente al tambor motriz, se utilizará un eje macizo de acero SAE 1045 laminado, el mismo es de 80 [mm] de diámetro y se le realizará un escalonamiento para la fácil ubicación de las tapas, rodamientos, soportes de rodamientos, reductor, etc.

Sus dimensiones serán las siguientes:



Las propiedades del material utilizado para la construcción del eje, son las siguientes:

Material: AISI C1045 Laminado simple

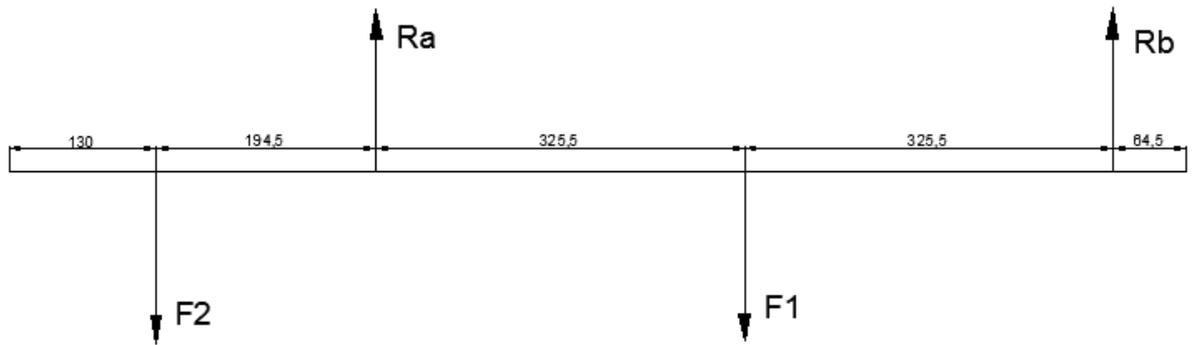


$$S_u = 6.749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_s = 5.062 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

A continuación, se hará una representación de las fuerzas presentes en el eje



Dónde:

- Ra y Rb son las reacciones de los apoyos.
- F1 es la fuerza ejercida por el peso de los componentes.
- F2 es la fuerza ejercida por el peso del reductor.

$$F_1 = 3,35 \text{ [KN]}$$

$$F_2 = 0,59 \text{ [KN]}$$

Las reacciones se calculan despejando de la sumatoria de los momentos

$$R_b = 1,5 \text{ [KN]}$$

$$R_a = 2,44 \text{ [KN]}$$

Se calculan los momentos máximos

El momento flector máximo se da en F1; el mismo será  $M_{f1} = 11.067 \text{ [Kg/cm]}$  y el momento torsor será constante en todo el eje, el cual da  $M_t = 1.830 \text{ [kg/cm]}$ .

Para nuestro cálculo se usarán los siguientes esfuerzos:

$$\sigma' = 0,3 S_y = 0,3 \cdot 4148 \text{ [kg/cm]} = 1.244,4 \text{ [kg/cm]}$$

$$\sigma' = 0,3 S_u = 0,3 \cdot 6749 \text{ [kg/cm]} = 1.214,8 \text{ [kg/cm]}$$

Se usará  $\sigma' = 1214,8 \text{ [kg/cm]}$  y se afectará por chavetero



$$\sigma = 1214,8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right] 0,75 = \mathbf{911,1} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

Para calcular el diámetro crítico se usará la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt[3]{\sqrt{(K_m M_f)^2 + (K_s M_t)^2} \frac{16}{\pi \sigma}}$$

Donde  $K_m$  y  $K_s$  son coeficientes de servicios, se tomarán los siguientes valores:

$$\mathbf{K_m = 2}$$

$$\mathbf{K_s = 1,5}$$

La ecuación da  $\mathbf{D = 5 [cm]}$

Vemos que, en la parte más solicitada, el diámetro necesario es menor al establecido, por lo que se considera que estamos cubiertos.

Se verificará el eje en su diámetro menor:

Los esfuerzos en F2, son los siguientes:

$$\mathbf{Mf2 = 1.167 [Kg/cm]}$$

$$\mathbf{Mt = 1.830 [kg/cm]}$$

Con dichos valores el diámetro crítico es  $\mathbf{D = 2,72 [cm]}$

Por lo que se podría decir que el eje soportara los esfuerzos solicitantes.



## Cálculo de elevador de cangilones N°2 y N°3

### Requerimientos

- Capacidad:  $Q = 30 \left[ \frac{Tn}{h} \right]$
- Altura:  $H = 21 \text{ [m]} = 68,9 \text{ [ft]}$

### Cálculo del transporte

#### Datos:

- Velocidad  $v = 2,6 \left[ \frac{m}{s} \right]$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 \left[ \frac{T}{m^3} \right]$  o  $\gamma = 47 \left[ \frac{Lb}{ft^3} \right]$
- Rendimiento volumétrico  $\varphi = 0,8$
- Cangilones por metro  $Z = 2 \text{ [cang/m]}$

Determinación de capacidad de cada cangilón:

$$q = \frac{Q}{3600 \gamma \varphi v Z} = 0,00266[m^3] = 2,66 \text{ [litros]}$$

Con esta capacidad, se entró a catálogos de cangilones y se seleccionó cangilones de poliuretano inyectado con las siguientes características:

- Ancho (A): 260 [mm].
- Proyección (B): 175 [mm].
- Profundidad (C): 140 [mm].
- Capacidad (q): 2,64 [litros].

$$p = (2.7 - 3) a = 490[mm]$$

$$Z = \frac{1000}{p} = 2,04 \text{ [cang/m]}$$

Usamos  $Z = 1,7 \text{ [cang/m]}$ ;  $q = 0,00264 \text{ [m}^3\text{]}$  y recalculamos la capacidad del elevador de cangilones, dando  $Q = 30,37 \text{ [Tn/h]}$ .

Con esta capacidad calculamos de los esfuerzos:



Elevación de la Carga:

$$P_1 = \frac{Q H}{3,6 V} = 68,14 [kg]$$

Fuerza de Dragado:

$$P_2 = \frac{4 Q D_p}{3,6 V} = 6,49 [kg]$$

Rozamiento entre Partes Móviles:

$$P_3 = \mu P_n H = 10,88 [kg]$$

Carga total:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 85,52 [kg]$$

Cálculo de las tensiones involucradas:

Tensión del ramal flojo:

$$T_2 = \left( \frac{\text{Peso cangilones vacios}}{2} + \frac{\text{Peso de la cinta}}{2} \right) = 86 [kgf]$$

Tensión de ramal cargado:

$$T_1 = T_2 + P = 171,5 [kgf]$$

Verificación de deslizamiento:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$1,99 \leq 2,2$$

Se cumple la relación y se calcula la tensión máxima:

$$T_{\text{lim}} = T_2 + P = 171,5 [kg]$$

$$T_{\text{max}} = T_{\text{lim}} + 10 \% = 188,65 [kg] = 1850,5 [N]$$



### Selección de cinta transportadora

Para la selección de la cinta transportadora, tenemos en cuenta distintos factores; como ser: el tipo de material a transportar, temperaturas de trabajo, tensiones máximas, etc.

Nuestra cinta transportadora en particular, tendrá un ancho de 350 [mm]; por lo que deberá soportar

$$\text{Carga de trabajo} = \frac{1850,5[\text{N}]}{300 [\text{mm}]} = 4,25 [\text{N/mm}]$$

Seleccionamos:

### Cinta transportadora ESPOT 30CC

- Material: **PVC**.
- Espesor total: **6,2 [mm]**
- Peso total: **7,7 [kg/m<sup>2</sup>]**
- Carga de trabajo al 1% de alargamiento: **30 [N/mm]**.
- Ancho: **300 [mm]**.
- En la sección anexos se pueden observar más detalles de la cinta. (Ver Anexo 19).

Procedemos al cálculo de la potencia:

Potencia necesaria en el eje:

$$N_e = \frac{P V}{75} = 2,96 [\text{CV}]$$

Calculamos la velocidad angular:

$$n = \frac{60 v}{\pi D p} = 99,3 [\text{rpm}]$$

Afectamos a la potencia necesaria en el eje por los rendimientos del motor eléctrico y del reductor:

Tomando:  $\eta_r = 0,6$  y  $\eta_m = 0,88$

Potencia total:

$$N_t = \frac{N_e}{\eta_r \eta_m} = 5,61 [\text{CV}] = 4,2 [\text{KW}]$$



### Selección del motor

Se selecciona un motor a prueba de polvo de la serie W22 ya que son una excelente opción para procesamiento de granos y cereales; Tiene protección por envoltorio (Ex tb) y representa confiabilidad y seguridad ante la presencia de polvo combustible en suspensión o en camada. Se trata de un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de 7,5 HP y 1460 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 22).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHS TXT 305, relación 35:1, para motor de 7,5 HP, provisto con clinch y chaveta; posee poleas 2B de 100 y 320 milímetros de diámetro, con tensor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 20).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 7,5 [HP] = 5,5 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 100 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 320 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 700 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 3,2$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 7,15 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro caso el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$\mathbf{294 [mm] < a < 840 [mm]}$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = \mathbf{2076,7 [mm]}$$

De catálogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = \mathbf{2120 [mm]}$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = \mathbf{678,34 [mm]}$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = \mathbf{25 [mm]}$$

$$y = \mathbf{20 [mm]}$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = \mathbf{7,64 [m/s]}$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 v}{L_{dst}} = \mathbf{7,2 [s^{-1}]}$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 161[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,92$
- $P_N = 3,98 [kW]$

El número necesarios de correas está dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,97 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapezoidales, marca Optibelt, perfil B de 2120 [mm] de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Rodamiento

En este caso solo tendremos cargas radiales actuantes en el rodamiento, las mismas vienen dadas por el peso de los elementos transportados, como ser peso de la cinta, tambores, cangilones, carga, etc.

Se calcula la carga dinámica equivalente del rodamiento:

- Peso de la cinta: 51,74 [Kg]
- Peso de los cangilones vacíos: 38,8 [Kg]
- Peso de la carga: 76,65 [Kg]
- Peso de los tambores con eje: 191,05[Kg]

$$P = 358,2 [kg] = 3,5 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de bolas a rotula, con dos hileras.

Designación del rodamiento: SKF 1313 ETN9, con su correspondiente soporte SNL 516-613, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertenecientes al cálculo



de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver anexo 21 y 22).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 65$  [kN].
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 25,5$  [kN].
- Exponente para rodamientos de bolas  $p = 3$ .

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 6405 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 1.075.025 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.



## Cálculo de elevador de cangilones N°4

### Requerimientos

- Capacidad:  $Q = 60 \text{ [Tn/h]}$
- Altura:  $H = 19 \text{ [m]} = 62,3 \text{ [ft]}$

### Cálculo del transporte

#### Datos:

- Velocidad  $v = 2,6 \text{ [m/s]}$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 \text{ [T/m}^3\text{]} \text{ o } \gamma = 47 \text{ [Lb/ft}^3\text{]}$
- Rendimiento volumétrico  $\varphi = 0,8$
- Cangilones por metro  $Z = 2 \text{ [cang/m]}$

Determinación de capacidad de cada cangilón:

$$q = \frac{Q}{3600 \gamma \varphi v Z} = 0,00532 \text{ [m}^3\text{]} = 5,32 \text{ [litros]}$$

Con esta capacidad, se entró a catálogos de cangilones y se seleccionó cangilones de poliuretano inyectado con las siguientes características:

- Ancho (A): 324 [mm].
- Proyección (B): 220 [mm].
- Profundidad (C): 170 [mm].
- Capacidad (q): 6,3 [litros].

$$p = (2.7 - 3) \times a = 594 \text{ [mm]}$$

$$Z = \frac{1000}{p} = 1,68$$

Usamos  $Z = 1,7 \text{ [cang/m]}$ ;  $q = 0,0063 \text{ [m}^3\text{]}$  y recalculamos la capacidad del elevador de cangilones, dando  $Q = 60,38 \text{ [Tn/h]}$ .

Con esta capacidad calculamos de los esfuerzos:



Elevación de la Carga:

$$P_1 = \frac{Q H}{3,6 V} = 122,56 \text{ [kg]}$$

Fuerza de Dragado:

$$P_2 = \frac{4 Q D_p}{3,6 V} = 12,9 \text{ [kg]}$$

Rozamiento entre Partes Móviles:

$$P_3 = \mu P_n H = 12,78 \text{ [kg]}$$

Carga total:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 148,24 \text{ [kg]}$$

Cálculo de las tensiones involucradas:

Tensión del ramal flojo:

$$T_2 = \left( \frac{\text{Peso cangilones vacios}}{2} + \frac{\text{Peso de la cinta}}{2} \right) = 107,5 \text{ [kgf]}$$

Tensión de ramal cargado:

$$T_1 = T_2 + P = 255,75 \text{ [kgf]}$$

Verificación de deslizamiento:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$2.38 \leq 2.2$$

Como no se cumple la relación, se debe calcular una tensión de tensado:

$$T_t = P - a \times T_2 = 19,23 \text{ [kg]}$$

$$T_{lim} = T_2 + P + T_t = 275 \text{ [kg]}$$

$$T_{max} = T_{lim} + 10 \% = 302,5 \text{ [kg]} = 2.967,3 \text{ [N]}$$



### Selección de cinta transportadora

Para la selección de la cinta transportadora, tenemos en cuenta distintos factores; como ser: el tipo de material a transportar, temperaturas de trabajo, tensiones máximas, etc.

Nuestra cinta transportadora en particular, tendrá un ancho de 350 [mm]; por lo que deberá soportar

$$\text{Carga de trabajo} = \frac{2967,3 \text{ [N]}}{350 \text{ [mm]}} = \mathbf{8,48 \text{ [N/mm]}}$$

Seleccionamos:

### Cinta transportadora ESPOT 30CC

- Material: **PVC**.
- Espesor total: **6,2 [mm]**.
- Peso total: **7,7 [kg/m<sup>2</sup>]**.
- Carga de trabajo al 1% de alargamiento: **30 [N/mm]**.
- Ancho: **350 [mm]**.

En la sección anexos se pueden observar más detalles de la cinta. (Ver Anexo 19).

Procedemos al cálculo de la potencia:

Potencia necesaria en el eje:

$$N_e = \frac{P V}{75} = \mathbf{5,14 \text{ [CV]}}$$

Calculamos la velocidad angular:

$$n = \frac{60 v}{\pi D p} = \mathbf{99,3 \text{ [rpm]}}$$

Afectamos a la potencia necesaria en el eje por los rendimientos del motor eléctrico y del reductor:

Tomando:  $\eta_r = 0,6$  y  $\eta_m = 0,88$

Potencia total:

$$N_t = \frac{N_e}{\eta_r \eta_m} = \mathbf{9,73 \text{ [CV]} = 7,26 \text{ [KW]}}$$



### Selección del motor

Se selecciona un motor a prueba de polvo de la serie W22 ya que son una excelente opción para procesamiento de granos y cereales; Tiene protección por envoltorio (Ex tb) y representa confiabilidad y seguridad ante la presencia de polvo combustible en suspensión o en camada. Se trata de un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de 10 HP y 1460 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 24).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHS TXT 305, relación 35:1, para motor de 10 HP, provisto con clinch y chaveta; posee poleas 2B de 120 y 330 milímetros de diámetro, con tensor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 20).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 10 [HP] = 7,5 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 120 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 330 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 755 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 2,75$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 9,75 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro caso el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$315 [mm] < a < 900 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 2231,1 [mm]$$

De catálogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 2240 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 750,55 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 35 [mm]$$

$$y = 20 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = 9,17 [m/s]$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 v}{L_{dst}} = 8,2 [s^{-1}]$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 163[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,93$
- $P_N = 5,75 [kW]$

El número necesarios de correas está dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 1,86 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan dos correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 2240 [mm] de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Rodamiento

En este caso solo tendremos cargas radiales actuantes en el rodamiento, las mismas vienen dadas por el peso de los elementos transportados, como ser peso de la cinta, tambores, cangilones, carga, etc.

Se calcula la carga dinámica equivalente del rodamiento:

- Peso de la cinta: 122,9 [Kg]
- Peso de los cangilones vacíos: 92,12 [Kg]
- Peso de la carga: 153,78 [Kg]
- Peso de los tambores con eje: 172,27 [Kg]

$$P = 541,1 [kg] = 5,3 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de bolas a rotula, con dos hileras.

Designación del rodamiento: SKF 1313 ETN9, con su correspondiente soporte SNL 516-613, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertenecientes al cálculo



de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 21 y 22).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 65$  [kN].
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 25,5$  [kN].
- Exponente para rodamientos de bolas  $p = 3$ .

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 1844,6 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

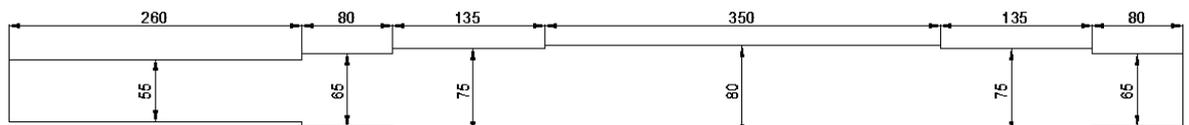
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 309607,8 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Eje de tambor motriz

Para la construcción del eje perteneciente al tambor motriz, se utilizará un eje macizo de acero SAE 1045 laminado, el mismo es de 80 [mm] de diámetro y se le realizará un escalonamiento para la fácil ubicación de las tapas, rodamientos, soportes de rodamientos, reductor, etc.

Sus dimensiones serán las siguientes:



Las propiedades del material utilizado para la construcción del eje, son las siguientes:

Material: AISI C1045 Laminado simple

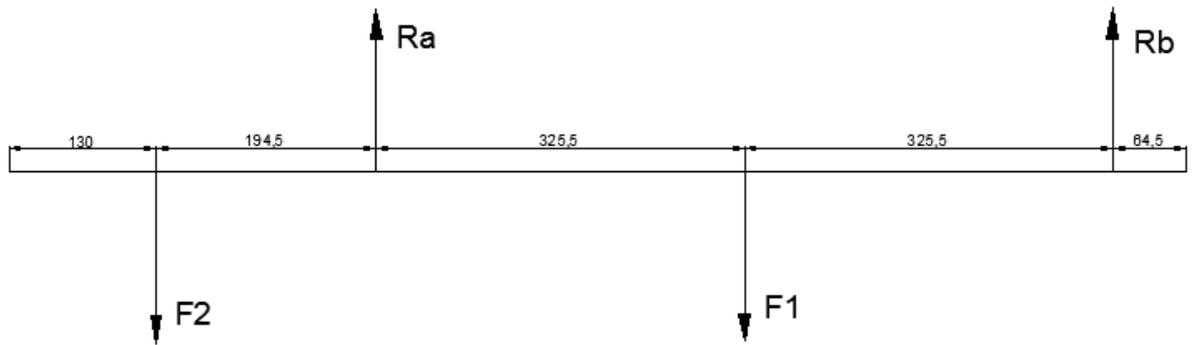
$$Su = 6749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$



$$S_s = 5.062 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_y = 4.148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

A continuación, se hará una representación de las fuerzas presentes en el eje



Dónde:

- Ra y Rb son las reacciones de los apoyos.
- F1 es la fuerza ejercida por el peso de los componentes.
- F2 es la fuerza ejercida por el peso del reductor.

$$F1 = 5,3 \text{ [KN]}$$

$$F2 = 0,59 \text{ [KN]}$$

Las reacciones se calculan despejando de la sumatoria de los momentos

$$Rb = 2,57 \text{ [KN]}$$

$$Ra = 3,51 \text{ [KN]}$$

Se calculan los momentos máximos

El momento flector máximo se da en F1; el mismo será  $Mf1 = 17613 \text{ [Kg/cm]}$  y el momento torsor será constante en todo el eje, el cual da  $Mt = 3706 \text{ [kg/cm]}$ .

Para nuestro cálculo se usarán los siguientes esfuerzos:

$$\sigma' = 0,3 S_y = 0,3 \cdot 4.148 \text{ [kg/cm]} = 1244,4 \text{ [kg/cm]}$$

$$\sigma' = 0,3 S_u = 0,18 \cdot 6.749 \text{ [kg/cm]} = 1214,8 \text{ [kg/cm]}$$

Se usará  $\sigma' = 1214,8 \text{ [kg/cm]}$  y se afectará por chavetero



$$\sigma = 1.214,8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right] 0,75 = \mathbf{911,1} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

Para calcular el diámetro crítico se usará la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt[3]{\sqrt{(K_m M_f)^2 + (K_s M_t)^2} \frac{16}{\pi \sigma}}$$

Donde  $K_m$  y  $K_s$  son coeficientes de servicios, se tomarán los siguientes valores:

$$K_m = 2$$

$$K_s = 1,5$$

La ecuación da  $D = \mathbf{5,84} [cm]$

Vemos que es la parte más solicitada, el diámetro necesario es menor al establecido, por lo que se considera que estamos cubiertos.

Se verificará el eje en su diámetro menor; ya que el mismo es menor que el calculado:

Los esfuerzos en F2, son los siguientes:

$$Mf2 = \mathbf{1.167} [Kg/cm]$$

$$Mt = \mathbf{3.706} [kg/cm]$$

Con dichos valores el diámetro crítico es  $D = \mathbf{3,23} [cm]$

Por lo que se podría decir que el eje soportara los esfuerzos solicitantes.



## Cálculo de elevador de cangilones N°5

### Requerimientos

- Capacidad:  $Q = 60 \left[ \frac{Tn}{h} \right]$
- Altura:  $H = 25 \text{ [m]} = 82,02 \text{ [ft]}$

### Cálculo del transporte

#### Datos:

- Velocidad  $v = 2,6 \left[ \frac{m}{s} \right]$
- Peso específico  $\gamma = 0,75 \left[ \frac{T}{m^3} \right]$  o  $\gamma = 47 \left[ \frac{Lb}{ft^3} \right]$
- Rendimiento volumétrico  $\varphi = 0,8$
- Cangilones por metro  $Z = 2 \text{ [cang/m]}$

Determinación de capacidad de cada cangilón:

$$q = \frac{Q}{3600 \gamma \varphi v Z} = 0,00532 \text{ [m}^3\text{]} = 5,32 \text{ [litros]}$$

Con esta capacidad, se entró a catálogos de cangilones y se seleccionó cangilones de poliuretano inyectado con las siguientes características:

- Ancho (A): 324 [mm].
- Proyección (B): 220 [mm].
- Profundidad (C): 170 [mm].
- Capacidad (q): 6,3 [litros].

$$p = (2.7 - 3) a = 594 \text{ [mm]}$$

$$Z = \frac{1000}{p} = 1,68$$

Usamos  $Z = 1,7 \text{ [cang/m]}$ ;  $q = 0,0063 \text{ [m}^3\text{]}$  y recalculamos la capacidad del elevador de cangilones, dando  $Q = 60,38 \text{ [Tn/h]}$ .

Con esta capacidad calculamos de los esfuerzos:



Elevación de la Carga:

$$P_1 = \frac{Q H}{3,6 V} = 161,26 \text{ [kg]}$$

Fuerza de Dragado:

$$P_2 = \frac{4 Q D_p}{3,6 V} = 12,9 \text{ [kg]}$$

Rozamiento entre Partes Móviles:

$$P_3 = \mu P n H = 15,02 \text{ [kg]}$$

Carga total:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 189,18 \text{ [kg]}$$

Cálculo de las tensiones involucradas:

Tensión del ramal flojo:

$$T_2 = \left( \frac{\text{Peso cangilones vacios}}{2} + \frac{\text{Peso de la cinta}}{2} \right) = 141,45 \text{ [kgf]}$$

Tensión de ramal cargado:

$$T_1 = T_2 + P = 330,64 \text{ [kgf]}$$

Verificación de deslizamiento:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$2.34 \leq 2.2$$

Como no se cumple la relación, se debe calcular una tensión de tensado:

$$T_t = P - a \times T_2 = 19,44 \text{ [kg]}$$

$$T_{\text{lim}} = T_2 + P + T_t = 350,1 \text{ [kg]}$$

$$T_{\text{max}} = T_{\text{lim}} + 10 \% = 385,1 \text{ [kg]} = 3778 \text{ [N]}$$



### Selección de cinta transportadora

Para la selección de la cinta transportadora, tenemos en cuenta distintos factores; como ser: el tipo de material a transportar, temperaturas de trabajo, tensiones máximas, etc.

Nuestra cinta transportadora en particular, tendrá un ancho de 350 [mm]; por lo que deberá soportar

$$\text{Carga de trabajo} = \frac{3778 \text{ [N]}}{350 \text{ [mm]}} = \mathbf{10,8 \text{ [N/mm]}}$$

Seleccionamos:

### Cinta transportadora ESPOT 30CC

- Material: **PVC**.
- Espesor total: **6,2 [mm]**.
- Peso total: **7,7 [kg/m<sup>2</sup>]**.
- Carga de trabajo al 1% de alargamiento: **30 [N/mm]**.
- Ancho: **350 [mm]**.

En la sección anexos se pueden observar más detalles de la cinta. (Ver Anexo 19).

Procedemos al cálculo de la potencia:

Potencia necesaria en el eje:

$$N_e = \frac{P V}{75} = \mathbf{6,56 \text{ [CV]}}$$

Calculamos la velocidad angular:

$$n = \frac{60 v}{\pi D p} = \mathbf{99,3 \text{ [rpm]}}$$

Afectamos a la potencia necesaria en el eje por los rendimientos del motor eléctrico y del reductor:

Tomando:  $\eta_r = 0,6$  y  $\eta_m = 0,88$

Potencia total:

$$N_t = \frac{N_e}{\eta_r \eta_m} = \mathbf{12,42 \text{ [CV]} = \mathbf{9,26 \text{ [KW]}}$$



### Selección del motor

Se selecciona un motor a prueba de polvo de la serie W22 ya que son una excelente opción para procesamiento de granos y cereales; Tiene protección por envoltorio (Ex tb) y representa confiabilidad y seguridad ante la presencia de polvo combustible en suspensión o en camada. Se trata de un motor trifásico de inducción con jaula de ardilla de 15 HP y 1465 revoluciones por minuto. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 25).

### Selección del reductor

El reductor seleccionado es de la marca Rattini, modelo REHS TXT 505, relación 35:1, para motor de 15 HP, provisto con clinch y chaveta; posee poleas 3B de 120 y 330 milímetros de diámetro, con tensor. Las demás especificaciones se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 20).

### Transmisión por correas

El perfil de la correa a seleccionar está determinado por el de las poleas con las cuales es provista el reductor, en este caso perfil B y como máximo pueden ser dos, por lo cual se realizará el cálculo para la verificación de la transmisión.

Datos:

- Potencia a transmitir  $P = 15 [HP] = 11 [kW]$
- Diámetro polea menor  $d_g = 120 [mm]$
- Diámetro de la polea mayor  $d_p = 330 [mm]$
- Perfil de las poleas: **Perfil B**
- Distancia entre ejes  $a = 755 [mm]$

Se determina la relación de transmisión, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{d_p}{d_g} = 2,75$$

Se calcula la potencia teórica de cálculo, para ello previamente se determina el siguiente factor:

- Factor de carga  $C_2 = 1,3$

$$P_b = P C_2 = 14,3 [kW]$$



En esta instancia se debería realizar la selección del perfil de la correa en base a la potencia y las revoluciones de la polea menor, en nuestro caso el perfil ya se encuentra determinado por el perfil de la polea.

Se procede a la verificación de la distancia entre ejes, mediante la siguiente ecuación:

$$0,7 (d_p + d_g) < a < 2 (d_p + d_g)$$

$$315 [mm] < a < 900 [mm]$$

Como se observa, la distancia entre ejes adoptada es adecuada para el correcto funcionamiento de la transmisión.

Se determina el desarrollo de referencia mediante la siguiente ecuación:

$$L_{dth} = 2 a + 1,57 (d_p + d_g) + \frac{(d_p - d_g)^2}{4 a} = 2231,1 [mm]$$

De catálogo procedemos a seleccionar el desarrollo de la correa que se encuentra comercialmente más próximo al de referencia calculado:

$$L_{dst} = 2240 [mm]$$

Ahora se procede a determinar la distancia entre ejes nominal, mediante la siguiente ecuación:

$$a_{nominal} = a + \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 750,55 [mm]$$

Distancia mínima para tensado y retesado:

$$x = 35 [mm]$$

$$y = 20 [mm]$$

Se determinan la velocidad lineal y la frecuencia de flexión de la correa, mediante las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{d_g n_g}{19100} = 9,17 [m/s]$$

$$F_b = \frac{2 \cdot 1000 v}{L_{dst}} = 8,2 [s^{-1}]$$



De diferentes tablas se obtienen los siguientes datos necesarios para el posterior cálculo del número de correas necesarias; el ángulo de contacto y el factor de ángulo, factor de desarrollo y la potencia nominal por correa:

- $\beta = 162[^\circ]$
- $C_1 = 0,99$
- $C_3 = 0,93$
- $P_N = 5,76 [kW]$

El número necesarios de correas está dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{P_b C_2}{P_N C_1 C_3} = 2,69 [\text{correas}]$$

Para esta transmisión, se adoptan tres correas trapeciales, marca Optibelt, perfil B de 2240 [mm] de desarrollo. (Ver Anexo 11).

#### Rodamiento

En este caso solo tendremos cargas radiales actuantes en el rodamiento, las mismas vienen dadas por el peso de los elementos transportados, como ser peso de la cinta, tambores, cangilones, carga, etc.

Se calcula la carga dinámica equivalente del rodamiento:

- Peso de la cinta: 161,7 [Kg]
- Peso de los cangilones vacíos: 121,2 [Kg]
- Peso de la carga: 202,3 [Kg]
- Peso de los tambores con eje: 172,3[Kg]

$$P = 657,5 [kg] = 6,45 [kN]$$

El rodamiento seleccionado es de la marca SKF del tipo de bolas a rotula, con dos hileras.

Designación del rodamiento: SKF 1313 ETN9, con su correspondiente soporte SNL 516-613, a continuación, se detallan los datos del rodamiento pertenecientes al cálculo



de la vida útil, las demás especificaciones tanto del rodamiento y soporte se adjuntan en la hoja de datos del producto en la sección Anexos. (Ver Anexo 21 y 22).

Datos:

- Capacidad de carga dinámica básica  $C = 65$  [kN].
- Capacidad de carga estática básica  $C_0 = 25,5$  [kN].
- Exponente para rodamientos de bolas  $p = 3$ .

Ya podemos determinar de esta manera la vida del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 1023,4 \text{ [millones de revoluciones]}$$

O en horas:

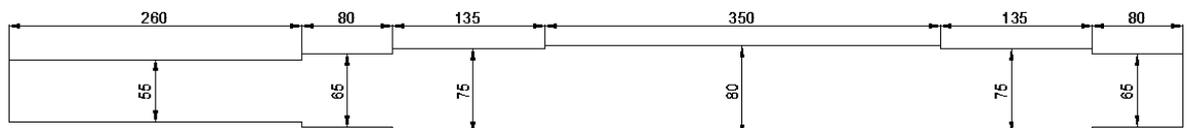
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} = 171775,2 \text{ [horas]}$$

Se concluye de este modo que el rodamiento se encuentra sobredimensionado, para las cargas que actúan sobre él, pero como se aclaró al principio, el mismo fue adoptado por tamaño.

#### Eje de tambor motriz

Para la construcción del eje perteneciente al tambor motriz, se utilizará un eje macizo de acero SAE 1045 laminado, el mismo es de 80 [mm] de diámetro y se le realizará un escalonamiento para la fácil ubicación de las tapas, rodamientos, soportes de rodamientos, reductor, etc.

Sus dimensiones serán las siguientes:



Las propiedades del material utilizado para la construcción del eje, son las siguientes:

Material: AISI C1045 Laminado simple

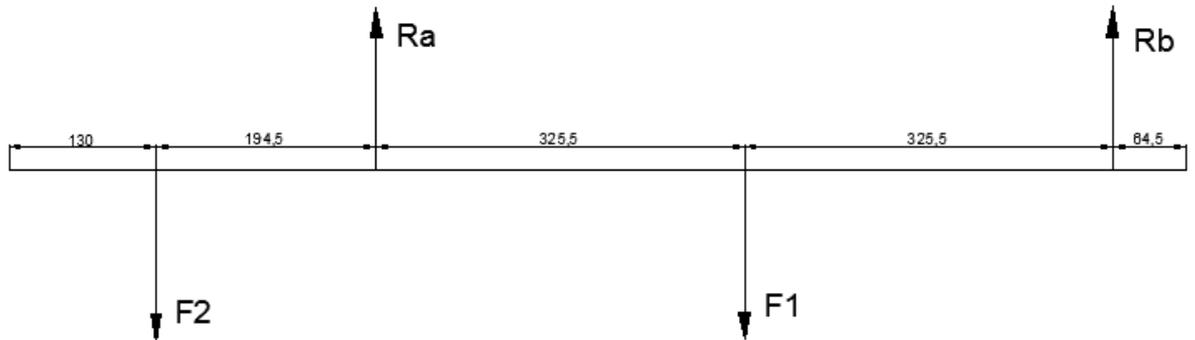
$$S_u = 6749 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_s = 5062 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$



$$S_y = 4148 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

A continuación, se hará una representación de las fuerzas presentes en el eje



Dónde:

- Ra y Rb son las reacciones de los apoyos.
- F1 es la fuerza ejercida por el peso de los componentes.
- F2 es la fuerza ejercida por el peso del reductor.

$$F1 = 5,6 \text{ [KN].}$$

$$F2 = 0,59 \text{ [KN].}$$

Las reacciones se calculan despejando de la sumatoria de los momentos

$$Rb = 2,6 \text{ [KN]}$$

$$Ra = 3,8 \text{ [KN]}$$

Se calculan los momentos máximos:

El momento flector máximo se da en F1; el mismo será  $Mf1 = 18.600 \text{ [Kg/cm]}$  y el momento torsor será contante en todo el eje, el cual da  $Mt = 4.750 \text{ [kg/cm]}$ .

Para nuestro cálculo se usarán los siguientes esfuerzos:

$$\sigma' = 0,3 S_y = 0,3 \cdot 4.148 \text{ [kg/cm]} = 1.244,4 \text{ [kg/cm]}$$

$$\sigma' = 0,3 S_u = 0,18 \cdot 6.749 \text{ [kg/cm]} = 1.214,8 \text{ [kg/cm]}$$

Se usará  $\sigma' = 1214,8 \text{ [kg/cm]}$  y se afectará por chavetero

$$\sigma = 1214,8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right] 0,75 = 911,1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$



Para calcular el diámetro crítico se usará la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt[3]{\sqrt{(K_m M_f)^2 + (K_s M_t)^2} \frac{16}{\pi \sigma}}$$

Donde  $K_m$  y  $K_s$  son coeficientes de servicios, se tomarán los siguientes valores:

$$K_m = 2$$

$$K_s = 1,5$$

La ecuación da  $D = 5,97$  [cm]

Vemos que es la parte más solicitada, el diámetro necesario es menor al establecido, por lo que se considera que estamos cubiertos.

Se verificará el eje en su diámetro menor; ya que el mismo es menor que el calculado:

Los esfuerzos en F2, son los siguientes:

$$Mf2 = 1.167$$
 [Kg/cm]

$$Mt = 4.750$$
 [kg/cm]

Con dichos valores el diámetro crítico es  $D = 3,47$  [cm]

Por lo que se podría decir que el eje soportara los esfuerzos solicitantes.



## Cálculo de la instalación eléctrica de potencia.

### Memoria descriptiva

La planta como se vio en apartados anteriores, por el tipo de actividad realizada, basa su consumo eléctrico principalmente en motores de inducción trifásicos de baja tensión (400 V), que son los encargados de entregar la fuerza motriz a los diferentes equipos de transportes para el movimiento del grano; el resto del consumo es generado por la iluminación y artefactos menores.

La energía eléctrica para la operación normal de la planta será suministrada por la empresa de energía local (ENERSA). Además, se cuenta con un grupo generador, que se pondrá en funcionamiento en aquellos casos que por alguna falla en la red se pierda el suministro desde la misma; y solamente para alimentación de cargas que sean de vital importancia para el mantenimiento del grano, tales como la ventilación de los silos de acopio.

En este apartado nos dedicaremos al dimensionamiento y determinación de los siguientes componentes de la instalación eléctrica:

- Determinación de las cargas.
- Potencia a contratar.
- Dispositivos de protección y maniobra en tablero general.
- Dispositivos de protección y maniobra en tableros seccionales.
- Dispositivos de protección y maniobra de motores.
- Conductores y barras.
- Canalizaciones.
- Arranques de motores.
- Diseño del sistema de puesta a tierra (PAT).
- Sistema de protección contra rayos (SPCR).

### Suministro de energía

Se contará con dos suministros de energía, uno proveniente de la red, con el que operara la planta en condiciones normales y el otro, es la instalación de grupo generador que se utilizara solo en los casos que haya cortes de red, y no para toda la planta, sino para aquellos equipos de vital importancia en la sinergia de la misma.



Se deberá instalar un tablero de transferencia manual con enclavamiento, que asegure la NO conexión en paralelo de ambos suministros; y además el equipamiento de la planta solo deberá trabajar de manera manual comandada por un operador, cuando quien suministre la energía sea el grupo generador; ya que como se menciona anteriormente, este se encuentra dimensionado solo para la operación de equipos vitales.

En cuanto al suministro de red, la vinculación se puede realizar en media tensión (MT) o en baja tensión (BT), para este caso se opta por una vinculación en BT ya que no requiere la compra de un transformador de potencia, la construcción de celdas, y tampoco la operación de personal capacitado para trabajar en MT. Además, la diferencia económica entre comprar en un nivel de tensión o en otro (para la potencia a contratar en este proyecto en particular), no resulta significativa.

La potencia a contratar deberá ajustarse lo máximo posible a la potencia máxima a consumir (máxima que perdure periodos mayores a 15 minutos), ya que una contratación por debajo de la potencia consumida implica penalizaciones y una contratación por encima de la potencia consumida implica costos por disponibilidad que no se está utilizando.

Para este caso en particular, se deberá contratar una potencia de 155 kW, ya que es la potencia a consumir una vez aplicado el factor de simultaneidad, y corregido el factor de potencia.

Entonces, la planta califica en el tipo de tarifa T3 para grandes demandas, con vinculación inferior en baja 0,4 kV.

Cuando se compra energía en BT, la norma exige que el tipo de conexión a tierra a emplear sea TT, tal como se muestra en la siguiente imagen:

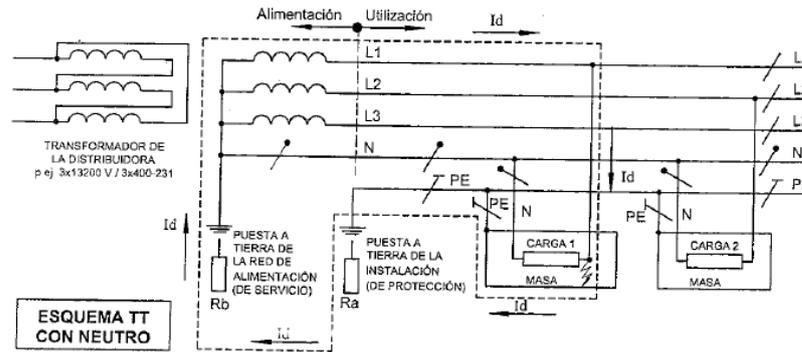


Ilustración 35-Eschema de conexión TT con Neutro.<sup>28</sup>

En cuanto al grupo generador a instalar, es marca WEG modelo GTA202 con una potencia disponible en bornes de 106 kVA (Ver Anexo 26). Debido a que dicha potencia es considerablemente inferior a la que demanda la planta en condiciones normales, se debe evitar el funcionamiento en automático durante la operación del mismo, y solo se deberán encender aquellos equipos vitales.

El esquema de conexión a tierra, en operación del generador, seguirá siendo TT, siempre y cuando se verifique la condición de tierra lejana, es decir que la puesta a tierra del grupo generador se debe encontrar a una distancia mayor a 10 veces el radio equivalente de la puesta a tierra de la instalación.

#### Determinación de las cargas y denominación.

Como se mencionó antes, la mayoría de las cargas son motores de inducción trifásicos, la totalidad de los mismos se dividirán en tableros seccionales dependiendo del tipo de transporte que alimenten.

Además de los tableros seccionales para los motores, se instalará un tablero de uso general, que alimentará los tomacorrientes de la instalación, y un tablero seccional de iluminación.

A continuación, se detallan las cargas instaladas en la planta, denominación del motor y potencia.

<sup>28</sup> Ilustración extraída Norma AEA 60.634.



<b>Equipo</b>	<b>Denominación<sup>29</sup></b>	<b>S [kVA]</b>
Transporte Helicoidal N°1	MT1	12,25
Transporte Helicoidal N°2	MT2	6,14
Transporte Helicoidal N°3	MT3	6,14
Transporte Helicoidal N°4	MT4	4,52
Transporte Helicoidal N°5	MT5	6,14
Transporte Helicoidal N°6	MT6	6,14
Transporte Helicoidal N°7	MT7	4,52
Transporte Helicoidal N°8	MT8	6,14
Transporte Helicoidal N°9	MT9	6,14
Transporte Helicoidal N°10	MT10	4,52
Rosca extractora N°1	MR1	12,25
Rosca extractora N°2	MR2	12,25
Rosca extractora N°3	MR3	12,25
Rosca extractora N°4	MR4	12,25
Elevador cangilones N 1	MN1	6,14
Elevador cangilones N°2	MN2	10,45
Elevador cangilones N°3	MN3	7,88
Elevador cangilones N°4	MN4	7,88
Elevador cangilones N°5	MN5	15,49
Plataforma elevadora	MPE	20,11
Limpieza zaranda	MLZ	3,36
Limpieza de choque	MLC	6,14
Secadora	MS1	12,18
	MS2	1,27
Ventilador Silo N°1	MV1	7,88
Ventilador Silo N°2	MV2	7,88
Ventilador Silo N°3	MV3	4,52
Ventilador Silo N°4	MV4	4,52
Compresor de aire	MCA	3,37
	CCA	0,80
Iluminación Planta	CNI	5,00
Uso General	CUG	10,00

*Tabla 23- Detalle de cargas y denominación.*

<sup>29</sup> Las cargas que su denominación comience con la letra M, indica motor.



### Organización de tableros.

Las cargas que se describieron en la tabla anterior se distribuirán en 7 tableros seccionales (TS1, TS2...) que se encontraran aguas abajo del tablero general (TG), desde dichos tableros seccionales se ramifican los distintos circuitos terminales hasta los bornes de las cargas.

A continuación, se muestra cómo queda compuesto cada tablero seccional y la potencia instalada en cada uno.

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TS1</i>	MT1	12,25
	MT2	6,14
	MT3	6,14
	MT4	4,52
	MT5	6,14
	MT6	6,14
	MT7	4,52
	MT8	6,14
	MT9	6,14
	MT10	4,52
	<i>Potencia total</i>	62,62

Tabla 24- Cargas en tablero seccional N°1.

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TS2</i>	MR1	12,25
	MR2	12,25
	MR3	12,25
	MR4	12,25
	<i>Potencia total</i>	48,99

Tabla 25- Cargas en tablero seccional N°2.



	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TS3</i>	MN1	6,14
	MN2	10,45
	MN3	7,88
	MN4	7,88
	MN5	15,49
	<i>Potencia total</i>	49,20

Tabla 26-Cargas en tablero seccional N°3.

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TS4</i>	MPE	20,11
	MLZ	3,36
	MLC	6,14
	MS1	12,18
	MS2	1,27
	MC	6,14
	<i>Potencia total</i>	49,20

Tabla 27- Cargas en tablero seccional N°4.

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TS5</i>	MV1	7,88
	MV2	7,88
	MV3	4,52
	MV4	4,52
	MCA	3,37
	CCA	0,80
	<i>Potencia total</i>	28,96

Tabla 28- Cargas en tablero seccional N°5.

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<i>TSI</i>	<i>Potencia total</i>	5

Tabla 29- Cargas en tablero seccional de Iluminación.



	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<b>TS</b>	<i>Potencia total</i>	5

*Tabla 30-Cargas en tablero seccional Uso General.*

	<i>Cargas</i>	<i>S [kva]</i>
<b>TG</b>	TS1	62,62
	TS2	48,99
	TS3	47,84
	TS4	49,20
	TS5	28,96
	TSI	5
	TSUG	5
	<i>Potencia total</i>	249,61

*Tabla 31-Tablero general y circuitos ramificados a partir de él.*

### Selección de conductores

En este apartado se elige el tipo de conductor y su sección nominal de acuerdo a la corriente de cálculo y se verifica a la caída de tensión; más adelante, luego de determinar las corrientes de falla y seleccionadas las protecciones de la instalación, se verificará la concordancia entre la protección y el conductor.

Para determinar la corriente de proyecto  $I_B$  se toma el consumo de cada elemento y se lo aumenta un 20%, esto nos da la posibilidad de que dicho elemento pudiera ser reemplazado en un futuro por uno un poco mayor sin tener que adecuar la instalación.

El tipo de canalización dependerá del circuito:

- Circuito de alimentación al tablero general, serán canalizados en conductos directamente enterrados. Conductores de cobre aislados en PVC.
- Circuitos seccionales, serán canalizados en bandejas porta cables en un ambiente interior. Conductores de cobre aislados en PVC.
- Circuitos terminales, serán canalizados en bandejas porta cables a la intemperie. Conductores de cobre aislados en PVC.

La corriente máxima admisible del conductor  $I_Z$  resulta de afectar la corriente nominal del cable que figura en tablas del fabricante (determinadas para condiciones especificadas), por factores de corrección que acerquen estos valores a las condiciones reales de la instalación.



Para este caso particular, los factores de corrección a aplicar no son los mismos en todos los circuitos:

- Circuito de alimentación al tablero general, en este no se aplica factor de corrección alguno, debido a que las condiciones en las cuales se realiza coinciden con las condiciones para las cuales se elaboraron las tablas del fabricante.
- Circuitos de alimentación a los tableros seccionales, en este caso se aplica un factor de corrección por agrupamiento, igual a 0,77, que corresponde a 4 circuitos multipolares dispuestos en una sola capa sobre bandeja perforada horizontal o vertical.
- Circuitos terminales, a estos se les aplica un factor de corrección por agrupamiento igual a 0,72, que corresponde a más de 9 circuitos multipolares dispuestos en una sola capa sobre bandeja perforada horizontal o vertical; y un factor de corrección por temperatura, igual a 0,9, que corresponde a una temperatura ambiente de 50°C, ya que se encontraran expuestos al sol y esto podría elevar su temperatura más allá de las temperaturas máximas esperadas para esa locación.

Los factores anteriores fueron obtenidos de las tablas brindadas por la norma AEA 90364-7-771.

Para que el conductor verifique se debe dar que  $I_B < I_Z$  donde  $I_B = 1,2 I_n$

También se debe verificar que la caída de tensión al último elemento conectado no supere el 5% de la tensión nominal en el caso de motores (15% durante el arranque) y el 3% para iluminación.

Se muestra a continuación el circuito y la sección del conductor seleccionado ya con las verificaciones correspondientes realizadas mediante la ayuda de una hoja de cálculo.



<b>Circuito</b>	<b>Aislación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Referencia</b>	<b>Observación</b>
CTG	PVC	Unipolar	95	R - S -T - N	3(2x95) + 1x95
CTSN°1	PVC	Tetrapolar	50	R - S -T - N	50/25
CTSN°2	PVC	Tetrapolar	35	R - S -T - N	35/16
CTSN°3	PVC	Tetrapolar	35	R - S -T - N	35/16
CTSN°4	PVC	Tetrapolar	35	R - S -T - N	35/16
CTSN°5	PVC	Tetrapolar	25	R - S -T - N	16
CTSI	PVC	Tetrapolar	16	R - S -T - N	16
CTSUG	PVC	Tetrapolar	16	R - S -T - N	16
CMT1	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMT2	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT3	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT4	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT5	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT6	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT7	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT8	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT9	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMT10	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMR1	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMR2	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMR3	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMR4	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMN1	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMN2	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMN3	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMN4	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMN5	PVC	Tetrapolar	10	R - S -T - PE	10
CMPE	PVC	Tetrapolar	16	R - S -T - PE	16
CMLZ	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMLC	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CCNS	PVC	Tetrapolar	16	R - S -T - N	16
CMV1	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMV2	PVC	Tetrapolar	6	R - S -T - PE	6
CMV3	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMV4	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - PE	4
CMCA	PVC	Tetrapolar	4	R - S -T - N	4

*Tabla 32 - Sección y tipo de cables en los diferentes circuitos.*

Se pueden encontrar las características técnicas de los mismos en la sección anexos.  
(Ver anexo 27).



Como se ve en la tabla, se utiliza para los circuitos terminales que alimentan solo motores, un cable tetrapolar en donde el cuarto conductor es el de protección, esto hace que la instalación y el tendido de cables sea prolijo y sencillo.

En cuanto a los demás circuitos el conductor de protección se tiende individualmente, precintado al conductor cargado del circuito correspondiente.

Dicho conductor de PE es de cobre desnudo y la sección del mismo depende de la sección del conductor cargado, según la norma AEA 90364-7-771, para este proyecto se debe adoptar:

<b>Circuito</b>	<b>Aislación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Referencia</b>
CTG	-	-	-	-
CTSN°1	Desnudo	Unipolar	25	PE
CTSN°2	Desnudo	Unipolar	16	PE
CTSN°3	Desnudo	Unipolar	16	PE
CTSN°4	Desnudo	Unipolar	16	PE
CTSN°5	Desnudo	Unipolar	16	PE
CTSI	Desnudo	Unipolar	16	PE
CTSUG	Desnudo	Unipolar	16	PE
CCNS	Desnudo	Unipolar	16	PE
CMCA	Desnudo	Unipolar	4	PE

*Tabla 33- Sección de conductor de protección.*

Se pueden ver las características técnicas en sección anexos. (Ver Anexo 28).

Cabe destacar de todas maneras que todos los elementos metálicos que formen parte de la planta se encontraran vinculadas a un conductor de protección individual que recorrerá todas las canalizaciones, de esta manera se pondrá al mismo potencial la totalidad de la instalación.

Se consideran también conductores de la instalación a los juegos de barras que se utilizan para la distribución en los diferentes tableros, a continuación, se detallan los siguientes:



<b>Tablero</b>	<b>Corriente nominal [A]</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Referencia</b>
Barras Tablero General	400	30x5	R-S-T-N-PE
Barras Tablero Seccional N°1	125	12x5	R-S-T-N-PE
Barras Tablero Seccional N°2	125	12x5	R-S-T-N-PE
Barras Tablero Seccional N°3	125	12x5	R-S-T-N-PE
Barras Tablero Seccional N°4	125	12x5	R-S-T-N-PE
Barras Tablero Seccional N°5	125	12x5	R-S-T-N-PE

*Tabla 34- Barras tablero principal y seccionales.*

Se pueden ver las características técnicas en sección anexos. (Ver Anexo 29).

### Selección del tipo de arranque de motores

Los motores que se emplean en esta planta mueven equipamientos de servicios pesados, donde involucran muchas partes mecánicas, transmisiones y ocasionales arranques bajo carga. Por tal motivo se opta por arrancadores suaves que permiten una considerable reducción en los esfuerzos mecánicos, logrando de esta manera prolongar la vida útil del equipamiento y reduciendo paradas por mantenimiento.

Los arrancadores seleccionados son de la marca Schneider, modelo Altiestar 1. Los mismos cuentan con varias ventajas, como el tamaño reducido, posibilidad de montar sobre riel DIN, reduce ruidos en arranque y parada, posee bypass interno que reduce las pérdidas por disipación de calor, entre otras. A continuación, se detalla una tabla con el arrancador seleccionado para cada motor de acuerdo a su potencia en el eje.



	<b>HP eje</b>	<b>Dispositivo de arranque</b>	<b>Arrancador</b>
MT1	12,5	AS	ATS01N222QN
MT2	5,5	AS	ATS01N212QN
MT3	5,5	AS	ATS01N212QN
MT4	4	AS	ATS01N212QN
MT5	5,5	AS	ATS01N212QN
MT6	5,5	AS	ATS01N212QN
MT7	4	AS	ATS01N212QN
MT8	5,5	AS	ATS01N212QN
MT9	5,5	AS	ATS01N212QN
MT10	4	AS	ATS01N212QN
MR1	12,5	AS	ATS01N222QN
MR2	12,5	AS	ATS01N222QN
MR3	12,5	AS	ATS01N222QN
MR4	12,5	AS	ATS01N222QN
MN1	5,5	AS	ATS01N212QN
MN2	10	AS	ATS01N222QN
MN3	7,5	AS	ATS01N222QN
MN4	7,5	AS	ATS01N222QN
MN5	15	AS	ATS01N232QN
MPE	20	Fabricante	
MLZ	3	AS	ATS01N209QN
MLC	5,5	AS	ATS01N212QN
CNS	12,5	Fabricante	
	1	Fabricante	
MV1	7,5	AS	ATS01N222QN
MV2	7,5	AS	ATS01N222QN
MV3	4	AS	ATS01N212QN
MV4	4	AS	ATS01N212QN
MCA	3	Fabricante	

*Tabla 35- Motor con su respectivo arrancador.*

En la sección anexos se adjunta la hoja de datos de cada arrancador, con sus características principales y esquemas de conexión. (Ver Anexo 30,31,32 y33)



### Cálculo de las corrientes de cortocircuito<sup>30</sup>

El cálculo de las corrientes máximas y mínimas de cortocircuito se hará en base a la Norma AEA 90.909, y el método empleado es el de “Fuente de tensión equivalente en el punto de defecto” y como su nombre lo indica, consiste en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, donde esta es la única tensión activa del sistema y todas las redes de alimentación, maquinas síncronas y asíncronas, se sustituyen por sus impedancias internas.

El cálculo está basado en las siguientes simplificaciones:

- En toda duración del cortocircuito no hay modificación en el tipo de cortocircuito considerado.
- En todo el cortocircuito, no hay cambio en la red considerada.
- La impedancia de los transformadores se considera con el conmutador de tomas en posición principal.
- Las resistencias de arco eléctrico no se tienen en cuenta.
- Todas las capacitancias de línea, admitancias en paralelo y cargas no rotativas, excepto las del sistema homopolar, son despreciables.

El valor de tensión de la fuente equivalente viene dado por:

$$E = \frac{c U_n}{\sqrt{3}} [V]$$

Donde:

$U_n$ : Tensión nominal del sistema.

$C$ : es el factor de tensión, que contempla las variaciones que puede haber en la red.

Se utilizará  $C_{max} = 1,05$  para el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximas, y  $C_{min} = 0,95$  para el calculo de las corrientes de cortocircuito mínimas. Estos valores son para sistemas de BT.

### Determinación de las impedancias de cortocircuito en equipos eléctricos

En redes de alimentación, transformadores, líneas aéreas, cables, reactores y equipos similares, las impedancias de cortocircuito de secuencia directa  $Z_1$ , y de secuencia inversa  $Z_2$  son iguales; la impedancia de cortocircuito homopolar  $Z_0$  se determina

---

<sup>30</sup> Calculo basado en Norma AEA 90.909



suponiendo una tensión de corriente alterna entre los tres conductores paralelos y el retorno común.

Red de alimentación:

Un circuito alimentado mediante un transformador desde una red de AT o MT, en la cual solo se conoce la corriente simétrica de cortocircuito  $I''_{kQ}$  en el punto de la alimentación Q, entonces la impedancia de cortocircuito de secuencia directa equivalente  $Z_{Qt}$  referida al lado de baja tensión del transformador se determina mediante:

$$Z_{Qt} = \frac{c U_{nQ}}{\sqrt{3} I''_{kQ}} \frac{1}{t_r^2} = \frac{c U_{nQ}^2}{S''_k} \frac{1}{t_r^2}$$

Donde:

$U_{nQ}$ : es la tensión nominal del sistema en el punto de conexión de la alimentación Q;

$I''_{kQ}$ : es la corriente simétrica inicial de cortocircuito en el punto de conexión de la alimentación Q;

$t_r$ : es la relación de transformación asignada con el conmutador bajo carga en posición principal.

$S''_k$ : es la potencia de cortocircuito.

Si no se conoce el valor preciso de la resistencia  $R_Q$  de las redes de alimentación, se puede adoptar  $R_Q = 0,1 X_Q$  donde  $X_Q = 0,1 Z_Q$  (en redes de MT, dicha aproximación es aplicable si el punto Q esta en las proximidades del puesto de transformación AT/MT)

Si bien esta es la manera de determinar la impedancia de red, generalmente la empresa de energía es quien provee este valor en el punto de acometida. En este caso los valores fueron brindados y son los siguientes:

$$R_Q = 0,02024 \text{ } [\Omega]$$

$$X_Q = 0,02590 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_1 = Z_2 = 0,03287 \text{ } [\Omega] \rightarrow \textit{Directa} = \textit{Inversa}$$

$$R_{Q(0)} = 0,01691 \text{ } [\Omega]$$



$$X_{Q(0)} = 0,02194 [\Omega]$$

$$Z_0 = 0,02770 [\Omega] \rightarrow \textit{Homopolar}$$

Transformador:

Las impedancias de cortocircuito de secuencia directa de los transformadores de dos arrollamientos con o sin conmutador bajo carga pueden ser calculadas a partir de los valores asignados al transformador, como se indica a continuación:

$$Z_t = \frac{u_{kr}}{100\%} \frac{U_{rt}^2}{S_{rt}} [\Omega]$$

$$R_t = \frac{u_{Rr}}{100\%} \frac{U_{rt}^2}{S_{rt}} = \frac{P_{krt}}{3 I_{rt}^2} [\Omega]$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2}$$

Donde:

**U<sub>rt</sub>**: es la tensión asignada del transformador en el lado de alta o baja tensión;

**I<sub>rt</sub>**: es la corriente asignada del transformador en el lado de alta o baja tensión;

**S<sub>rt</sub>**: es la potencia aparente asignada al motor;

**P<sub>krt</sub>**: son las pérdidas totales en los arrollamientos del transformador a la corriente asignada;

**u<sub>kr</sub>**: es la tensión de cortocircuito a la corriente asignada, en porcentaje;

**u<sub>Rr</sub>**: es la componente resistiva asignada de la tensión de cortocircuito, en porcentaje.

Todos estos datos pueden ser obtenidos de la placa característica del transformador, inclusive la impedancia homopolar, que se puede considerar para un tipo de conexión Dy (caso de este proyecto) de la siguiente manera:

$$R_0 = R_t$$

$$X_0 = 0,095 X_t$$

En este caso como conocemos el valor de la impedancia de red en el punto de acometida, es decir, contempla el transformador de distribución también, solo



necesitamos el valor de la impedancia homopolar del mismo para cuando se analiza el lazo de secuencia homopolar. Entonces:

$$Z_t = \frac{u_{kr}}{100\%} \frac{U_{rt}^2}{S_{rt}} = \frac{4}{100\%} \frac{400[V]^2}{250.000[kVA]} = 0,0256[\Omega]$$

$$R_t = \frac{u_{Rr}}{100\%} \frac{U_{rt}^2}{S_{rt}} = \frac{P_{krt}}{3 I_{rt}^2} = \frac{3500 [W]}{3 360,8 [A]^2} [\Omega] = 0,00896 [\Omega]$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = \sqrt{0,0256^2[\Omega] - 0,00896 [\Omega]^2} = 0,0239 [\Omega]$$

$$Z_{t(1)(2)} = (0,00896 + j0,0239)[\Omega] \rightarrow \textit{Directa} = \textit{Inversa}$$

$$R_0 = R_t = 0,00896 [\Omega]$$

$$X_0 = 0,095 X_t = 0,095 0,0239 [\Omega] = 0,0227 [\Omega]$$

$$Z_{t(0)} = (0,00896 + j0,0239)[\Omega] \rightarrow \textit{Homopolar}$$

Cables en instalaciones de BT:

Para instalaciones realizadas en BT, en industrias o inmuebles, los valores de las impedancias de los cables se pueden calcular a partir de los datos de resistencia y reactancia brindados por los fabricantes sin cometer mayor error en la determinación de las corrientes de cortocircuito.

Se debe tener en cuenta que en este tipo de instalaciones los cables se tienden compartiendo canalizaciones con más circuitos, esto complejiza la determinación de las inductancias mutuas de los cables.



En cuanto a la impedancia homopolar de los cables en BT, en donde el retorno de las corrientes se realiza por el conductor neutro N, o el de protección PE, basta con considerar el valor de la impedancia de retorno multiplicado por 3.

Cuando el conductor de retorno (N o PE) es de menor sección que el conductor de fase:

$$Z_0 = Z_1 + 3Z_N [\Omega]$$

En el caso de que el conductor de retorno tenga la misma sección:

$$Z_0 = 4Z_N [\Omega]$$

Generador Síncrono:

Para el cálculo de corrientes simétricas iniciales de cortocircuito en sistemas alimentados directamente de generadores sin unidades transformadoras, se debe utilizar la siguiente impedancia de secuencia directa:

$$Z_{GK} = K_G Z_G = K_G (R_G + jX''_d)$$

Con el factor de corrección:

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \frac{c_{m\acute{a}x}}{1 + x''_d \sin \varphi_{rG}}$$

Donde:

**$c_{m\acute{a}x}$** : es el factor de tensión, que se vio antes;

**$U_n$** : es la tensión nominal del sistema;

**$U_{rG}$** : es la tensión asignada al generador;

**$Z_{GK}$** : es la impedancia sub transitoria del generador en el sistema de secuencia directa:

$$Z_G = R_G + jX''_d$$

**$\varphi_{rG}$** : es el ángulo de fase entre  $I_{rG}$  y  $U_{rG}/\sqrt{3}$ ;

**$x''_d$** : es la reactancia subtransitoria relativa del generador a la impedancia asignada:

$$x''_d = \frac{X''_d}{Z_{rG}}$$



$$Z_{rG} = \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}}$$

Se puede adoptar para la resistencia ficticia  $R_{Gf} = 0,15 X''_d$  para valores  $U_{rG} \leq 1000$  [V].

Para el sistema de secuencia inversa, se considera que la impedancia es igual a la impedancia en secuencia directa.

En cuanto al sistema homopolar se deberá utilizar:

$$Z_{(0)GK} = K_G (R_{(0)G} + jX''_{(0)G})$$

Con la diferencia que para este caso se utilizara  $x''_0$  que es la reactancia homopolar dada por el fabricante.

Se procede a determinar los valores de las impedancias para el generador instalado en la planta.

Datos del generador:

$$U_{rG} = 400 \text{ [V]}$$

$$S_{rG} = 106.000 \text{ [VA]}$$

$$x''_d = 16,8\%$$

$$x''_0 = 2,8\%$$

Valores obtenidos del cálculo:

$$K_G = \frac{U_n}{U_{rG}} \frac{c_{\text{máx}}}{1 + x''_d \sin \varphi_{rG}} = \frac{1}{1} \frac{1,05}{1 + \frac{16,8}{100} 0,6} = 0,954$$

$$Z_{rG} = \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{(400V)^2}{106.000 \text{ [VA]}} = 1,51 \text{ [\Omega]}$$

Secuencia directa:

$$x''_d = \frac{X''_d}{Z_{rG}} \rightarrow X''_d = x''_d Z_{rG} = \frac{16,8}{100} 1,51 = 0,2536 \text{ [\Omega]}$$

$$R_{Gf} = 0,15 X''_d = 0,15 0,2536 = 0,0380 \text{ [\Omega]}$$

$$Z_{GK} = K_G Z_G = K_G (R_G + jX''_d) = 0,954 (0,0380 + j0,2536) \text{ [\Omega]}$$



$$Z_{GK(1)(2)} = (0,036 + j0,242)[\Omega] \rightarrow \textit{Directa} = \textit{Inversa}$$

Secuencia homopolar:

$$x''_0 = \frac{X''_0}{Z_{rG}} \rightarrow X''_0 = x''_0 Z_{rG} = \frac{2,8}{100} 1,51 = 0,0423 [\Omega]$$

$$R_{Gf(0)} = 0,15 X''_0 = 0,15 0,0423 = 0,0063 [\Omega]$$

$$Z_{GK} = K_G Z_G = K_G (R_G + jX''_d) = 0,954 (0,0063 + j0,0423)[\Omega]$$

$$Z_{GK} = (0,0060 + j0,0403)[\Omega] \rightarrow \textit{Homopolar}$$

Impedancia maquinas asíncronas:

La impedancia  $Z_M = R_M + jX_M$  de los motores asíncronos en los sistemas de secuencia directa e inversa, a aplicar en el cálculo de  $I''_k$ , puede ser determinada por:

$$Z_M = \frac{1}{I_{LR}/I_{rM} \sqrt{3} I_{rM}} = \frac{1}{I_{LR}/I_{rM}} \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}}$$

Donde:

$U_{rM}$ : es la tensión asignada al motor;

$I_{rM}$ : es la corriente asignada al motor;

$S_{rM}$ : es la potencia aparente asignada del motor,  $S_{rM} = P_{rM}/(\eta_{rM} \cos \varphi_{rM})$ ;

$I_{LR}/I_{rM}$ : es la relación entre la corriente a rotor bloqueado y la corriente asignada del motor.

Si se conoce  $R_M/X_M$ , entonces  $X_M$  debe ser calculada como se indica a continuación:

$$X_M = \frac{Z_M}{\sqrt{1 + (R_M/X_M)^2}}$$

Con  $R_M/X_M = 0,42$ , y  $X_M = 0,922 Z_M$  para grupos de motores de baja tensión alimentados por cables.

La impedancia del sistema homopolar  $Z_{(0)M}$  debe ser dada por el fabricante.



Los valores de impedancia de los motores de la instalación se podrán ver en la siguiente tabla:

<b>Motor</b>	<b><math>Z_{(d)}=Z_{(i)}</math></b>
MT1	0,656979818035466+1,56423766198921i
MT2	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT3	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT4	2,17747357123692+5,18446088389743i
MT5	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT6	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT7	2,17747357123692+5,18446088389743i
MT8	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT9	1,65498759805296+3,94044666203085i
MT10	2,17747357123692+5,18446088389743i
MR1	0,656979818035466+1,56423766198921i
MR2	0,656979818035466+1,56423766198921i
MR3	0,656979818035466+1,56423766198921i
MR4	0,656979818035466+1,56423766198921i
MN1	1,65498759805296+3,94044666203085i
MN2	0,926539495572847+2,20604641803059i
MN3	1,04865464770593+2,49679678025221i
MN4	1,04865464770593+2,49679678025221i
MN5	0,666445777658528+1,58677566109173i
MPE	0,433862398258615+1,03300571013956i
MLZ	2,49351793994155+5,93694747605131i
MLC	1,65498759805296+3,94044666203085i
MS1	0,660650096348513+1,57297641987741i
MS2	6,59127135077122+15,693503216122i
MC	1,04865464770593+2,49679678025221i
MV1	1,04865464770593+2,49679678025221i
MV2	2,17747357123692+5,18446088389743i
MV3	2,17747357123692+5,18446088389743i
MV4	2,48464421061792+5,91581954909028i
MCA	0,660650096348513+1,57297641987741i

*Tabla 36-Impedancia de secuencia directa e inversa motores asíncronos.*

#### Determinación de corrientes de falla

Es importante determinar las corrientes de fallas en varios puntos del circuito, esto nos permitirá seleccionar las protecciones adecuadas y verificar si el conductor resistirá la sollicitación térmica durante la falla el tiempo que tarde la protección en despejarla.



Se determinara la corriente simétrica inicial de cortocircuito  $I''_k$ , para fallas trifásicas; bifásicas aisladas y con contacto a tierra; y fallas monofásicas entre fase-neutro y fase-tierra.

Las ecuaciones para obtener las corrientes son las siguientes:

- Falla trifásica:

$$I''_{k3} = \frac{c U_n}{\sqrt{3} Z_1}$$

Cuando se desee calcular el valor máximo, se utilizará coeficiente  $c_{\max}$  y se contemplará el aporte de todos los motores; en cambio cuando se desee conocer el valor mínimo, se utilizará  $c_{\min}$  y no se tendrá en cuenta el aporte de los motores.

- Falla bifásica:

$$I''_{k2} = \frac{c U_n}{(Z_1 + Z_2)}$$

- Falla monofásica fase - neutro y fase - tierra:

$$I''_{k1} = \frac{c \sqrt{3} U_n}{(2 Z_1 + Z_0)}$$

Los valores de las impedancias dependerán de la configuración que adquiera el circuito según el punto de falla.

En cuanto a la corriente simétrica inicial de cortocircuito  $I_{k3}$ , nos dará el valor máximo de corriente que deba interrumpir la protección sin ser dañada, en otras palabras, el poder de corte de las protecciones será elegido en función de los máximos valores de  $I_{k3}$ .

Se deberá calcular el valor máximo y mínimo en todos los tableros y bornes de motores, tanto cuando el circuito es abastecido por la red o por el generador. El valor de la corriente de falla en bornes de los motores es importante conocerlo, ya que la impedancia de los conductores puede hacer que el valor de esta sea bastante bajo, y que la protección aguas arriba del mismo vea dicha falla como una sobrecarga.



Las fallas monofásicas F-N, las determinaremos en los tableros, no así en los motores ya que no poseen conductor de neutro; es importante conocerlas ya que son fallas bastante frecuentes.

En cuanto a las fallas monofásicas F-PE (o pérdida de aislación) las mismas si deben ser calculadas, ya que por el tipo de esquema de conexión utilizado (TT) toman valores muy bajos, debido a la alta impedancia del lazo de retorno provocado por el sistema de puesta a tierra. Lo que genera que las protecciones destinadas a sobrecorrientes no detecten esta fuga y por tal motivo no actúen.

Este tipo de fallas, en este tipo de conexión en particular, deben ser detectadas por un dispositivo de protección diferencial (DD), destinado a la interrupción automática del circuito cuando la corriente de entrada no coincide con la de salida.

Los DD, poseen diferentes sensibilidades y la misma se deberá adoptar en base al valor de la resistencia de puesta a tierra que se tenga en la instalación, por el tipo de aplicación en este caso particular se adopta una sensibilidad de 300 [mA], para lo cual la norma exige una resistencia  $R_A$  de puesta a tierra no mayor a 40 ohm; es decir, si la falla F-PE calculada en los diferentes puntos del circuito es mayor a 300 [mA], el DD actuara sin problemas.

Se muestra a continuación un resumen de las fallas calculadas:

Punto de falla	Red				Generador			
	Ik3 [A]	Ik2 [A]	Ik1 F- N [A]	Ik1 F- PE [A]	Ik3 [A]	Ik2 [A]	Ik1 F-N [A]	Ik1 F- PE [A]
Barras Tablero General	6976	6042	4974	17	3229	2797	3076	178
Barras Tablero Seccional N°1	6178	5350	1892	17	3130	2710	1522	17
Barras Tablero Seccional N°2	5352	4635	1838	17	2485	2152	1402	17
Barras Tablero Seccional N°3	5413	4688	1843	17	2557	2215	1417	17
Barras Tablero Seccional N°4	5411	4686	1843	17	2554	2212	1417	17



Barras Tablero Seccional N°5	5145	4455	1822	17	2588	2241	1422	17
MT1	681	590			653	565		
MT2	467	405			456	395		
MT3	593	514			557	482		
MT4	593	514			557	482		
MT5	598	518			578	500		
MT6	598	518			578	500		
MT7	598	518			578	501		
MT8	598	518			578	500		
MT9	974	844			912	790		
MT10	865	750			819	709		
MR1	1211	1049			1104	956		
MR2	1211	1049			1104	956		
MR3	1211	1049			1104	956		
MR4	1245	1078			1180	1022		
MN1	429	371		16	419	363		16
MN2	553	479			536	464		
MN3	625	541			602	522		
MN4	514	445			500	433		
MN5	1844	1597			1554	1346		
MPE	1322	1145			1178	1020		
MLZ	482	418			470	407		
MLC	1531	1326			1354	1173		
CMS	2318	2007			1828	1583		
MV1	2212	1916			1789	1549		
MV2	938	812			879	761		
MV3	1438	1246			1285	1113		
MV4	712	617			702	608		
MCA	1080	935			1002	867		

*Tabla 37- Corrientes de falla*

Cabe aclarar que solo se calcula la falla monofásica F-PE en MN1 debido a que es el lazo de mayor impedancia de retorno existente en el circuito, esto hace que sea el valor más pequeño de corriente de falla y es la que nos permite verificar si la protección diferencial actuara en caso de que se origine la misma.



### Determinación de la toma de tierra de protección<sup>31</sup>

El correcto diseño de un sistema de puesta a tierra es esencial para la protección de las personas, de los animales domésticos o de cría, ante un contacto eléctrico indirecto con masas que se han puesto bajo tensión a continuación y como consecuencia de una falla de aislación.

El cálculo en este proyecto es basado en recomendaciones de la Norma AEA 90.364, la misma establece que la resistencia de puesta a tierra de protección  $R_a$  no debe superar determinado valor en ohm, dependiendo de la sensibilidad del dispositivo que se utilice para el corte automático de la alimentación.

En esta instalación se utilizará un electrodo enterrado verticalmente (Jabalina), normalizada de acero-cobre (IRAM 2309), de 16,2 mm de diámetro y 3 metros de longitud.

Mediante la siguiente ecuación se determina la resistencia de puesta a tierra (de dispersión a tierra):

$$R_A = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \left( \frac{8L}{d} \right) - 1 \right)$$

Donde:

**L:** es la longitud de la jabalina.

**d:** diámetro de la jabalina.

**$\rho$ :** es la resistividad del terreno.

La resistividad del terreno depende de varios factores, siendo los principales los siguientes:

- el tipo de suelo;
- la composición química de las sales disueltas en el agua contenida el suelo;
- la concentración de sales disueltas en el suelo;
- el nivel de las aguas subterráneas;
- la temperatura;
- la granulometría del suelo;

---

<sup>31</sup> Basado en AEA 90.364



- la compactibilidad y las presiones a las cuales está sometido el suelo;
- el efecto corona, (en caso de grandes densidades de corriente).

A fines prácticos basta con la utilización del valor de resistividad de suelo dado por la Norma IRAM 2281-1 en su mapa orientativo de resistividades eléctricas de suelos. En este caso para la zona donde se emplaza la instalación el valor medio de resistividad es de 33 ohm por metro.

El valor obtenido de resistencia es el siguiente:

$$R_A = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \left( \frac{8L}{d} \right) - 1 \right) = \frac{33 [\Omega \cdot m]}{2\pi 3[m]} \left( \ln \left( \frac{83[m]}{0,0162[m]} \right) - 1 \right) = 11,03 [\Omega]$$

Este valor de resistencia de puesta a tierra de protección es un valor teórico aceptable para el cálculo, sin embargo, se debe realizar una medición de la misma una vez realizada la instalación.

Además del cálculo de la resistencia de dispersión, para tener un correcto esquema de conexión a tierra, se debe asegurar que la instalación cumpla con los siguientes factores:

- Para asegurar que el esquema de conexión a tierra sea TT, se debe respetar que la distancia entre la puesta a tierra de servicio y la de protección estén alejadas una distancia superior a 10 veces el radio equivalente.
- La unión entre el electrodo de puesta a tierra (Jabalina) y conductor de puesta a tierra se realizará dentro de una cámara de inspección que proporcione un acceso cómodo para las mediciones.

Como se utiliza una jabalina bajo Norma IRAM 2309, dicha unión podrá efectuarse mediante un morseto de bronce o latón diseñado exclusivamente para esa función.

- El conductor de puesta a tierra se ingresa a la instalación y se vincula a la barra de equipotencial principal. La sección del conductor se determina en base a la tabla 771.18.III de la Norma AEA 90364-7.
- Se instalará una barra de puesta a tierra en cada tablero con perforaciones roscadas y tornillos, para la conexión de los conductores de protección de entrada y salida y los conductores equipotenciales.



- Se realiza la igualación de potencial o equipotencialidad de todas las masas presentes en la instalación, lo que elimina la presencia de tensiones de contacto entre elementos metálicos e inclusive, en el caso de descargas atmosféricas evita la aparición de peligrosos arcos disruptivos.
- Se debe realizar la conexión (equipotencializar) a la barra de equipotencial principal, el sistema de puesta a tierra de la protección contra descargas atmosféricas, también se deben conectar a esta los dispositivos de protección contra sobretensiones en caso de existir.

### Dispositivos de protección y maniobra

En base a la Norma AEA 90.364-7, la instalación se deberá proteger mínimamente de las siguientes fallas eléctricas:

- Protección contra fallas a tierra.
- Protección contra contactos directos.
- Protección contra contactos indirectos.
- Protección contra sobrecorrientes (sobrecarga y/o cortocircuito)

Y es recomendable también:

- Protección contra sobretensiones transitorias.
- Protección contra sobretensiones permanentes.
- Protección contra subtensiones.

El objetivo de las protecciones eléctricas es no solamente el de salvaguardar la integridad de las personas, los animales domésticos y de cría, sino también los bienes y las instalaciones propiamente dichas.

### Fallas a tierra – contactos directos – contactos indirectos

Como se comentó en apartados anteriores, el esquema de conexión a tierra utilizado es del tipo TT, esto produce que las corrientes de falla a tierra tomen valores pequeños, por tal motivo no pueden ser despejadas por los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, las mismas deben ser detectadas por disyuntores diferenciales (DD) y despejadas por el mismo.



Además, con los (DD) se protege contra contactos indirectos y también contra contactos directos, a pesar de que para la protección de estos últimos se realizara el recubrimiento de todas las partes activas con materiales aislantes destinados a tal fin.

En la instalación se colocarán cuatro disyuntores diferenciales, los primeros dos en la cabecera del tablero general (TG) denominado DDTGR y DDTGG; y los restantes en cabeceras del tablero de iluminación y del tablero de uso general, denominados DDTI y DDTUG respectivamente.

Para DDTGR y DDTGG se adopta un dispositivo con sensibilidad de 300 mA (sensibilidad media), para evitar disparos intempestivos del mismo, ya que la mayor parte de la instalación se encuentra a la intemperie, y que existirá un contenido de armónicos generados por los dispositivos utilizados para el arranque de motores y además considerando que el personal que opera la instalación es personal capacitado.

En cambio, para DDTI y DDTUG, se adopta una sensibilidad de 30 mA (sensibilidad alta), para de esta manera proteger también la instalación frente a contactos directos, ya que esta parte de la misma está al alcance de personal no capacitado.

A continuación, se detalla cada uno:

<b>Denominación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Modelo</b>	<b>I de paso asignada [A]</b>	<b>I de disparo [mA]</b>
DDTGR	Cabecera TG	Micrologic 4.3	400	300
DDTGG	Cabecera TG	Micrologic 4.3	160	300
DDTI	Cabecera TI	VIGI C120	16	30
DDTI	Cabecera TUG	VIGI C120	16	30

*Tabla 38- Interruptores Diferenciales.*

Para más características técnicas de los mismos ver sección anexos. (Ver anexo 34 y 35).

En el apartado anterior se vio que el valor de la puesta a tierra de protección  $R_A$  ronda los 11 Ohm, mientras que la norma exige un valor máximo de 40 Ohm para los valores de sensibilidad adoptados, por lo cual se garantiza la actuación inmediata de los DD.



### Sobrecorrientes

Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, están destinados a la protección de los elementos de la instalación. Hay dos factores a tener en cuenta en este punto, se debe proteger frente a las corrientes de sobrecargas y frente a las corrientes de cortocircuito.

Para que un dispositivo de protección de un cable o conductor pueda interrumpir corrientes de sobrecarga se deben dar las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

**I<sub>B</sub>**: Corriente de proyecto;

**I<sub>z</sub>**: Intensidad de corriente admisible en régimen permanente del cable o conductor;

**I<sub>2</sub>**: Intensidad de corriente de operación o disparo seguro de los interruptores automáticos;

Para este proyecto los valores de  $I_2$  conforme a IEC 60947-2 son los siguientes:

$$I_2 = 1,3I_n \text{ para } I_n \leq 63 [A] \text{ (tiempo convencional una hora)}$$

$$I_2 = 1,3I_n \text{ para } I_n \geq 63 [A] \text{ (tiempo convencional dos horas)}$$

De no verificarse  $I_2 \leq 1,45 I_z$  se deberá adoptar una sección de conductor mayor.

En cuanto a las corrientes de cortocircuito, los dispositivos de protección deben ser capaz de interrumpir las mismas antes de que puedan producir daños térmicos y/o mecánicos en los conductores, sus conexiones y el equipamiento de la instalación.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuitos debe cumplir con dos condiciones:

Primero, que la capacidad de ruptura del dispositivo de protección ( $P_{dccc}$ ) sea por lo menos igual a la máxima corriente de cortocircuito presunta ( $I_k$ ) en el punto donde el dispositivo está instalado.

$$P_{dccc} \geq I_k$$



Segundo, que el tiempo que tarde el dispositivo en interrumpir la corriente de cortocircuito no exceda de aquel que lleve al conductor a su temperatura límite admisible.

Para dispositivos limitadores con tiempos de aperturas menores a 0,1 segundos:

$$k^2 S^2 \geq I^2 t$$

Donde:

**K<sup>2</sup>:** factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperatura inicial y final del mismo. Se pueden obtener de Tabla 771.19.II Norma AEA 90364-7.

**S:** sección nominal del conductor.

**I<sup>2</sup>t:** Máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección. En dispositivos fabricados bajo norma IEC 60947-2 información brindada por el fabricante en forma de curvas.

Las protecciones se instalarán de la siguiente forma:

El TG en su cabecera se dispondrán dos interruptores automáticos de caja moldeada con unidad de control que permite la protección frente, a sobrecargas, cortocircuitos y fuga a tierra. Se dispone de dos dispositivos debido a que uno es de la alimentación de la red y el otro del grupo generador. Estos dos alimentan la barra de distribución que se encuentra en el tablero.

Aguas abajo de la barra de distribución del TG se instalarán los dispositivos de protección de los circuitos seccionales, también se utilizan interruptores automáticos de caja moldeada, pero en este caso sin protección diferencial; esta configuración se adopta para los circuitos seccionales desde el 1 hasta el 5 inclusive. Para los circuitos seccionales de iluminación y uso general se utilizan interruptores automáticos miniaturas aptos para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

A continuación, se dan las denominaciones de cada dispositivo y su ubicación en el esquema eléctrico, con la indicación de que elemento se encuentra aguas arriba y debajo de la misma.



Denominación	Ubicación	Aguas arriba	Aguas abajo
DPTGR	TG	Alimentación Red	Barras TG
DPTGG	TG	Alimentación Gen	Barras TG
DPTS1	TG	Barras TG	Circuito a TS1
DPTS2	TG	Barras TG	Circuito a TS2
DPTS3	TG	Barras TG	Circuito a TS3
DPTS4	TG	Barras TG	Circuito a TS4
DPTS5	TG	Barras TG	Circuito a TS5
DPTI(A)	TG	Barras TG	Circuito a TSI
DPTUG(A)	TG	Barras TG	Circuito a TSUG

*Tabla 39- Denominación de los dispositivos de protección y su ubicación.*

Las características técnicas más relevantes de las mismas se detallan a continuación, en la sección anexos se adjunta hoja técnica de cada producto:

### **DPTGR**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control electrónica apta para la protección frente a sobrecargas, cortocircuitos y fugas a tierra. Ambos son marca Schneider, modelo NSX400F y Micrologic 4.3 AB respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos y magnéticos de la curva, de acuerdo a las necesidades. También se pueden regular los parámetros de sensibilidad y tiempo de desconexión de la protección contra fugas a tierra. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 36):

- Polos protegidos: 4 Polos. (Admite regulación protección de neutro)
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 36 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 380 [A] (Regulación 9 puntos)
- Umbral de disparo magnético: 3800 [A] (Regulación 9 Puntos)
- Sensibilidad protección contra fugas a tierra: 300 [mA] (Regulación 6 puntos)
- Estándar IEC 60947



**DPTGG**

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control electrónica apta para la protección frente a sobrecargas, cortocircuitos y fugas a tierra. Ambos son marca Schneider, modelo Nsx160B y Micrologic 4.2 AB respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos y magnéticos de la curva, de acuerdo a las necesidades. También se pueden regular los parámetros de sensibilidad y tiempo de desconexión de la protección contra fugas a tierra. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 37):

- Polos protegidos: 4 Polos. (Admite regulación protección de neutro)
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 160 [A] (Regulación 9 puntos)
- Umbral de disparo magnético: 2400 [A] (Regulación 9 Puntos)
- Sensibilidad protección contra fugas a tierra: 300 [mA] (Regulación 6 puntos)
- Estándar IEC 60947

### **DPTS1**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control termomagnética apta para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Ambos son marca Schneider, modelo NSX100B y Tm80D respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos de la curva, no así de la parte magnética que posee un valor fijo. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 38):

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]



- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 56 [A] (Regulación 0,7...1 x In)
- Umbral de disparo magnético: 800 [A]
- Estándar IEC 60947

## **DPTS2**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control termomagnética apta para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Ambos son marca Schneider, modelo NSX100B y Tm50D respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos de la curva, no así de la parte magnética que posee un valor fijo. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 39):

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 35 [A] (Regulación 0,7...1 x In)
- Umbral de disparo magnético: 500 [A]
- Estándar IEC 60947

## **DPTS3**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control termomagnética apta para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Ambos son marca Schneider, modelo NSX100B y Tm80D respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos de la curva, no así de la parte magnética que posee un valor fijo. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 38):

- Polos protegidos: 4 Polos.



- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 80 [A] (Regulación 0,7...1 x In)
- Umbral de disparo magnético: 800 [A]
- Estándar IEC 60947

#### **DPTS4**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control termomagnética apta para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Ambos son marca Schneider, modelo NSX100B y Tm80D respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos de la curva, no así de la parte magnética que posee un valor fijo. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 38):

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 64 [A] (Regulación 0,7...1 x In)
- Umbral de disparo magnético: 800 [A]
- Estándar IEC 60947

#### **DPTS5**

Este dispositivo de protección está conformado por un interruptor bastidor básico de caja moldeada, y una unidad de control termomagnética apta para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. Ambos son marca Schneider, modelo NSX100B y Tm63D respectivamente.

La unidad de control permite regulación de los parámetros térmicos de la curva, no así de la parte magnética que posee un valor fijo. A continuación, se muestran las



características eléctricas relevantes, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 40):

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 25 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 50 [A] (Regulación 0,7...1 x In)
- Umbral de disparo magnético: 630 [A]
- Estándar IEC 60947

#### **DPTSI(A) – DPTUG(A)**

Este dispositivo de protección es un interruptor automático termomagnético modular capaz de brindar protección contra sobrecargas, cortocircuitos. Marca Schneider, modelo Acti9 iC60H. Estos dispositivos no permiten regulación alguna. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes y en la sección anexo se adjunta hoja de datos (Ver Anexo 41):

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 6 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 16 [A]
- Umbral de disparo magnético: 192 [A]
- Estándar IEC 60947 - IEC 61009-1

En cuanto a los tableros seccionales, contarán en su cabecera con un dispositivo seccionador que permitirá tener una apertura del circuito en el propio tablero, no es necesaria la instalación de un dispositivo de protección ya que se cuenta con uno en el TG destinado a la protección del circuito de cada tablero seccional; en el caso de TSI y TSUG en su cabecera se utilizara un dispositivo de protección como seccionador y se agrega disyuntor diferencial. Desde la salida del seccionador se acomete a las barras de distribución del tablero, desde donde se alimentan los diferentes circuitos terminales.



Para cada circuito terminal se instalará una protección dependiendo de la naturaleza de la carga, en este caso pueden ser motores, o alimentación hasta bornes de una máquina que no base su consumo solamente en motores:

**Motores:**

Cuando el circuito terminal alimenta un motor eléctrico, se debe tener en cuenta que dicha protección también debe proteger el cable. Además, en este caso en donde el arranque se realiza con arrancadores suaves, se recomienda para proteger la electrónica de potencia de estos últimos la utilización de fusibles ultrarrápidos.

En este caso se opta por los dispositivos Tesys U fabricados por Schneider, los mismos cuentan con una base de potencia con funciones de seccionador/interruptor y disyuntor magnetotérmico con arranque directo o inversión; unidad de control a elección, con protección contra sobrecargas, cortocircuitos, falta o desequilibrio de fase, fuga a tierra, entre otras; además de la posibilidad de agregar contactos auxiliares para la señalización o alarmas. Estos dispositivos son aptos para la protección de electrónica de potencia por lo cual evita la instalación de fusibles destinados a tal fin; obteniendo así una unidad compacta para la protección y maniobra del motor.

**Alimentación a bornes de maquina:**

Cuando el circuito terminal alimente los bornes de una máquina que no basa su consumo solo en motores eléctricos, el circuito se protegerá con disyuntores termomagnéticos con curva D.

A continuación, se dan las denominaciones de cada dispositivo y su ubicación en el esquema eléctrico, con la indicación de que elemento se encuentra aguas arriba y debajo de la misma.

<b>Denominación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Aguas arriba</b>	<b>Aguas abajo</b>
DSTS1	TS1	Circuito a TS1	Barras TS1
DPMT1	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT1
DPMT2	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT2
DPMT3	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT3
DPMT4	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT4
DPMT5	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT5
DPMT6	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT6
DPMT7	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT7
DPMT8	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT8



DPMT9	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT9
DPMT10	TS1	Barras TS1	AS-Cable-MT10
DSTS2	TS2	Circuito a TS2	Barras TS2
DPMR1	TS2	Barras TS2	AS-Cable-MR1
DPMR2	TS2	Barras TS2	AS-Cable-MR2
DPMR3	TS2	Barras TS2	AS-Cable-MR3
DPMR4	TS2	Barras TS2	AS-Cable-MR4
DSTS3	TS3	Circuito a TS3	Barras TS2
DPMN1	TS3	Barras TS3	AS-Cable-MN1
DPMN2	TS3	Barras TS3	AS-Cable-MN2
DPMN3	TS3	Barras TS3	AS-Cable-MN3
DPMN4	TS3	Barras TS3	AS-Cable-MN4
DPMN5	TS3	Barras TS3	AS-Cable-MN5
DSTS4	TS4	Circuito a TS4	Barras TS4
DPPE	TS4	Barras TS4	Cable-Bornes PE
DPMLZ	TS4	Barras TS4	AS-Cable-MLZ
DPMLC	TS4	Barras TS4	AS-Cable-MLC
DPS	TS4	Barras TS4	Cable-Bornes S
DSTS5	TS5	Circuito a TS5	Barras TS5
DPMV1	TS5	Barras TS5	AS-Cable-MV1
DPMV2	TS5	Barras TS5	AS-Cable-MV2
DPMV3	TS5	Barras TS5	AS-Cable-MV3
DPMV4	TS5	Barras TS5	AS-Cable-MV4
DPCA	TS5	Barras TS5	Cable-Borne CA
DPTSI	TSI	Circuito a TSI	Barras TSI
DPTSUG	TSUG	Circuito a TSUG	Barras TSUG

*Tabla 40- Ubicación física y denominación de dispositivos de protección.*

A continuación, se detallan las características más importantes de los dispositivos utilizados:

Los seccionadores utilizados (DSTS1 - DSTS2 - DSTS3 - DSTS4 - DSTS5) son marca Schneider, modelo Ins100. Con la posibilidad de apertura bajo carga, poseen una intensidad de corriente asignada de 100 A para redes de 415 VCA y 50 Hz. Estándar IEC 60947. (Ver Anexo 42).

Los dispositivos de protección que no alimentan exclusivamente un motor son los siguientes:



Protección	Modelo	Ir [A]	Ii [A]	Poder de corte [kA]
DPPE	Acti 9 iC60N	40	480	6
DPS	Acti 9 iC60N	32	384	6
DPCA	Acti 9 iC60N	16	192	6

*Tabla 41-Protecciones para receptores de varias cargas.*

Las características técnicas de las mismas se pueden observar en sección anexos. (Ver Anexo 43, 44 y 45).

Los dispositivos de protección y maniobra para los motores son los antes mencionados Tesis U, a continuación, se muestra una tabla con la selección de los mismos para cada motor:

Protección	Tesis U		Ir [A]	Ii [A]	Poder de corte [kA]
	Base	U. Control			
DPMT1	LUB320	LUCA32B	25	336	50
DPMT2	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT3	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT4	LUB120	LUCA12B	9,5	140	50
DPMT5	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT6	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT7	LUB120	LUCA12B	9,5	140	50
DPMT8	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT9	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMT10	LUB120	LUCA12B	9,5	168	50
DPMR1	LUB320	LUCA32B	25	336	50
DPMR2	LUB320	LUCA32B	25	336	50
DPMR3	LUB320	LUCA32B	25	336	50
DPMR4	LUB320	LUCA32B	25	336	50
DPMN1	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMN2	LUB320	LUCA32B	22	308	50
DPMN3	LUB320	LUCA32B	16	252	50
DPMN4	LUB320	LUCA32B	16	252	50
DPMN5	LUB320	LUCA32B	32	420	50
DPMLZ	LUB120	LUCA12B	7	126	50
DPMLC	LUB120	LUCA12B	12,5	168	50
DPMV1	LUB320	LUCA18B	16	252	50
DPMV2	LUB320	LUCA18B	16	252	50
DPMV3	LUB120	LUCA12B	9,5	168	50
DPMV4	LUB120	LUCA12B	9,5	168	50

*Tabla 42- Protecciones motores*



Todas las protecciones que se muestran en la tabla anterior son para redes con una tensión nominal de 380/415 VCA a 50 Hz. Estándar IEC 60947. En la sección anexo se adjunta hoja de datos de las mismas. (Ver Anexo 46, 47, 48, 49 y 50).

En cuanto a DPTS1 y DPTSUG, es un conjunto formado por un interruptor automático termomagnético modular y un disyuntor diferencial como accesorio. El conjunto es capaz de brindar protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fugas a tierra. Ambos son marca Schneider, modelo Acti9 iC60H y Vigi C60 respectivamente. Estos dispositivos no permiten regulación alguna. A continuación, se muestran las características eléctricas relevantes del conjunto, y en la sección anexo se adjunta hoja de datos de ambos:

- Polos protegidos: 4 Polos.
- Tensión nominal: 415 [V]
- Frecuencia: 50/60 [Hz]
- Poder de corte: 15 [kA]
- Corriente nominal o de regulación: 16 [A]
- Umbral de disparo magnético:  $128 \pm 20\%$  [A]
- Sensibilidad de fuga a tierra: 30 [mA]
- Estándar IEC 60947 - IEC 61009-1

Una vez conocidos todos los parámetros y dispositivos que componen la instalación, bastan verificar la concordancia de la protección con el cable, para lo cual se debe cumplir  $k^2 S^2 \geq I^2 t$ , y la correcta actuación del dispositivo ante corrientes de cortocircuito mínimo, para esto se debe dar que la corriente de disparo magnético asignada de la protección sea menor que la corriente de falla bifásica.



Punto de falla	Protección	$I_{k3}$ [A]	Cable	$kS^2$ [mm <sup>2</sup> ]	$I_{2t}$ [A <sup>2</sup> S]	$kS^2 > I_{2t}$	$li$ [A]	$I_{k2}$ [A]	$I_{k2} > li$
Barras TG	DPTGR-DPTGG	6976	CTG	477422500	1000000	Verifica	3800	6042	Verifica
Barras TSN°1	DPTS1	6178	CTSN°1	33062500	300000	Verifica	800	5350	Verifica
Barras TSN°2	DPTS2	5352	CTSN°2	16200625	260000	Verifica	500	4635	Verifica
Barras TSN°3	DPTS3	5413	CTSN°3	16200625	260000	Verifica	800	4688	Verifica
Barras TSN°4	DPTS4	5411	CTSN°4	16200625	260000	Verifica	800	4686	Verifica
Barras TSN°5	DPTS5	5145	CTSN°5	8265625	260000	Verifica	630	4455	Verifica
Barras TSI	DPTSI	3565	CTSI	3385600	10000	Verifica	192	1785	Verifica
Barras TSUG	DPTSUG	3565	CTSUG	3385600	10000	Verifica	192	1785	Verifica
MT1	DPMT1	681	CMT1	736164	67	Verifica	350	590	Verifica
MT2	DPMT2	467	CMT2	327184	46	Verifica	175	405	Verifica
MT3	DPMT3	593	CMT3	327184	59	Verifica	175	514	Verifica
MT4	DPMT4	593	CMT4	327184	59	Verifica	133	514	Verifica
MT5	DPMT5	598	CMT5	327184	59	Verifica	175	518	Verifica
MT6	DPMT6	598	CMT6	327184	59	Verifica	175	518	Verifica
MT7	DPMT7	598	CMT7	327184	59	Verifica	133	518	Verifica
MT8	DPMT8	598	CMT8	327184	59	Verifica	175	518	Verifica
MT9	DPMT9	974	CMT9	327184	96	Verifica	175	844	Verifica
MT10	DPMT10	865	CMT10	327184	85	Verifica	133	750	Verifica
MR1	DPMR1	1211	CMR1	736164	119	Verifica	350	1049	Verifica
MR2	DPMR2	1211	CMR2	736164	119	Verifica	350	1049	Verifica
MR3	DPMR3	1211	CMR3	736164	119	Verifica	350	1049	Verifica
MR4	DPMR4	1245	CMR4	736164	122	Verifica	350	1078	Verifica
MN1	DPMN1	429	CMN1	327184	43	Verifica	175	371	Verifica
MN2	DPMN2	553	CMN2	736164	55	Verifica	308	479	Verifica
MN3	DPMN3	625	CMN3	736164	62	Verifica	224	541	Verifica
MN4	DPMN4	514	CMN4	327184	51	Verifica	224	445	Verifica
MN5	DPMN5	1844	CMN5	2044900	179	Verifica	448	1597	Verifica
MPE	DPPE	1322	CMPE	5234944	8000	Verifica	480	1145	Verifica
MLZ	DPMLZ	482	CMLZ	327184	48	Verifica	98	418	Verifica
MLC	DPMLC	1531	CMLC	327184	149	Verifica	175	1326	Verifica
CMS	DPS	2318	CCNS	5234944	10000	Verifica	384	2007	Verifica
MV1	DPMV1	2212	CMV1	736164	213	Verifica	224	1916	Verifica
MV2	DPMV2	938	CMV2	736164	92	Verifica	224	812	Verifica
MV3	DPMV3	1438	CMV3	327184	140	Verifica	133	1246	Verifica
MV4	DPMV4	712	CMV4	327184	71	Verifica	133	617	Verifica
MCA	DPCA	1080	CMCA	327184	2500	Verifica	192	935	Verifica

Tabla 43- Verificación concordancia entre la protección y el cable.

### Sistema de protección contra rayos (SPCR)

El diseño de protección contra rayos se basa en lo recomendado por norma IRAM 2184 -1 y AEA 92.305.

Se definen a continuación algunos parámetros que se utilizan en el proceso de cálculo:



- $N_c$ : Frecuencia aceptada de rayos en una estructura
- $N_g$ : Densidad anual de rayos por kilómetro cuadrado
- $N_d$ : Frecuencia esperada de rayos directos a la estructura
- E: Eficacia de un sistema SPCR
- $A_e$ : Área equivalente de la estructura

El primer paso es determinar si realmente es necesario el sistema SPCR para una instalación y en caso de que así sea, determinar un correcto nivel de protección.

A continuación, se determinan los parámetros anteriores:

Frecuencia aceptada de rayos en una estructura:

$$N_c = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{C} \left[ \frac{\text{rayos}}{\text{año}} \right]$$

Donde:  $C = C_2 C_3 C_4 C_5$  y estos coeficientes están dados por las siguientes tablas:

		Techado		
		Metálica	Común	Inflamable
Estructura	Metálica	0,5	1	2
	Común	1	1	2,5
	Inflamable	2	2,5	3

Tabla 44 - Coeficiente C2 Evaluación de la estructura. IRAM 2184

Contenido de la estructura	Coef. C3
Sin valor o no inflamable	0,5
De valor común o normalmente inflamable	1
De gran valor o particularmente inflamable	2
De valor excepcional irremplazable o muy inflam	3

Tabla 45- Coeficiente C3 Contenido de la estructura. IRAM 2481

Ocupación de la estructura	Coef. C4
No ocupada	0,5
Normalmente ocupada	1
De difícil evacuación	3

Tabla 46- Coeficiente C4 Ocupación de la estructura. IRAM 2481



Consecuencia del impacto del rayo	Coef. C5
Sin necesidad de continuidad de servicio y consec	1
Con necesidad de continuidad de servicio con algunas consec	5
Con varias consecuencias para el entorno	10

Tabla 47- Coeficiente C5 consecuencia del impacto del rayo. IRAM 2481

Se adopta:  $C_2 = 0,5$ ;  $C_3 = 2$ ;  $C_4 = 1$ ;  $C_5 = 1$

$$N_c = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,0055 \left[ \frac{\text{rayos}}{\text{año}} \right]$$

Área equivalente de la estructura:

Por la complejidad de las estructuras que componen la planta, se opta por reemplazar las mismas por una única estructura con un área que contenga todas las anteriores y que posea la altura de la estructura más alta. Si bien de esta manera el área equivalente resultara de mayor dimensión que la real, esta consideración es conservadora y simplifica el análisis de las áreas equivalentes.

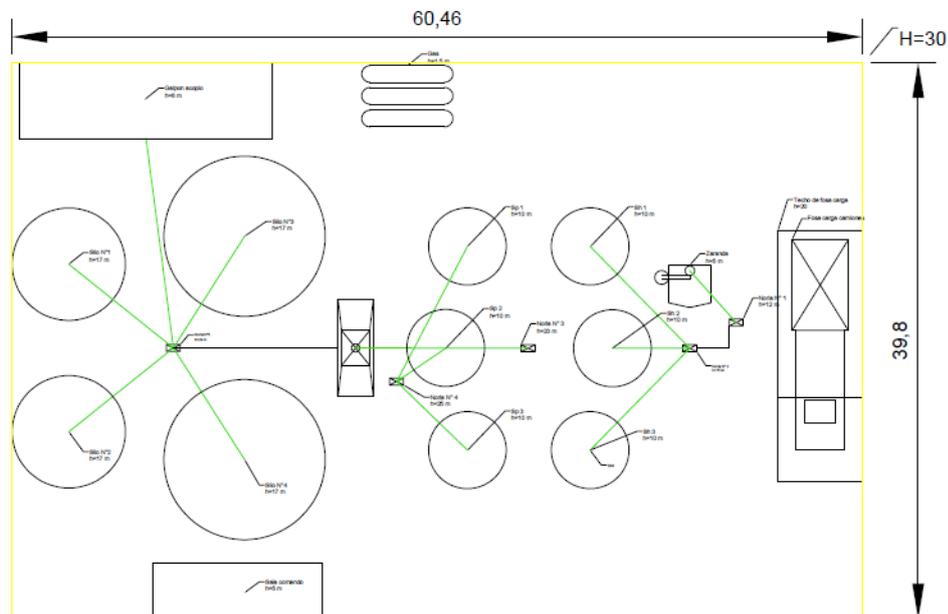


Ilustración 36- Dimensiones de la estructura

El área equivalente estará dada por:

$$A_e = 9\pi h^2 + a b + 6 h (a + b) [m^2]$$

$$A_e = 9\pi 30^2 + 61 \cdot 40 + 6 \cdot 30 (61 + 40) = 46.067 [m^2]$$



Densidad anual de rayos por kilómetro cuadrado:

Este valor se obtiene de la siguiente figura de densidades cerámicas dadas por la norma:

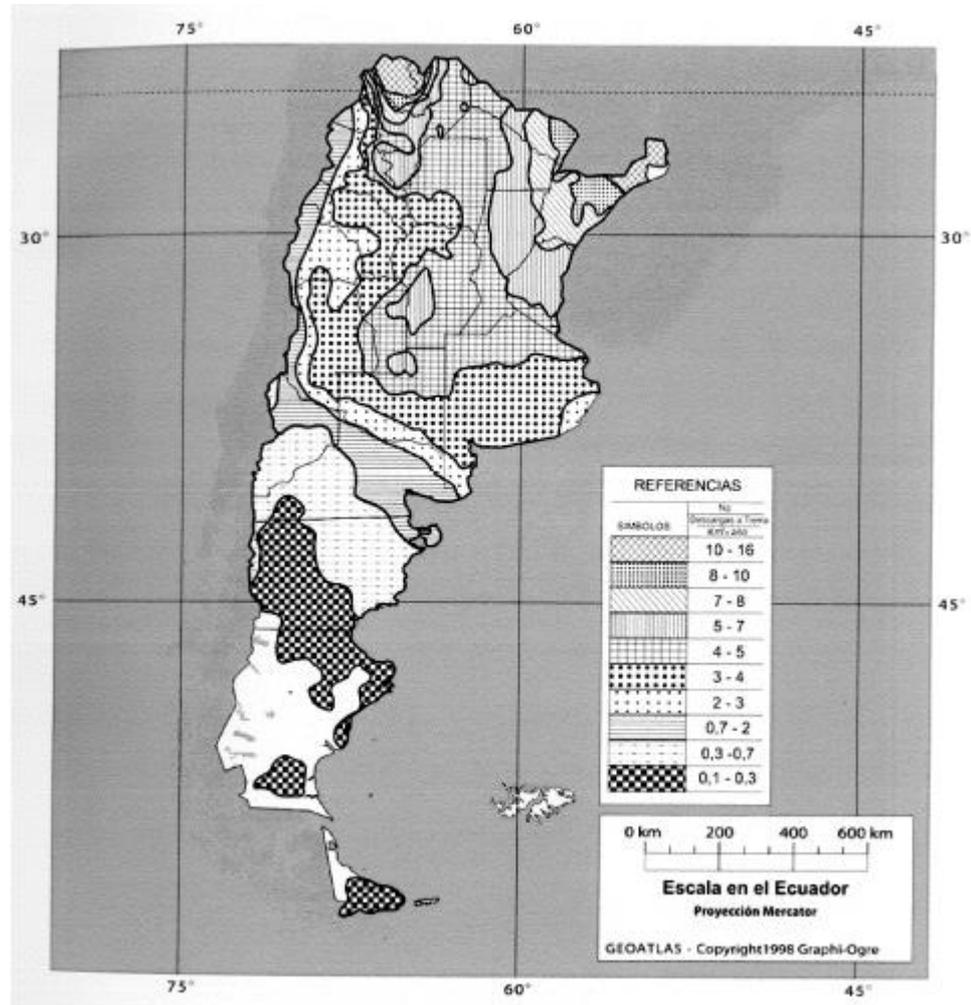


Ilustración 37 Densidades cerámicas en Argentina.<sup>32</sup> IRAM 2184

Para Entre Ríos se toma:

$$N_g = 6 \text{ [Rayos km}^2\text{Año]}$$

Frecuencia esperada de rayos directos a la estructura:

La frecuencia de rayos directos a la estructura esperados por año, está dado por la siguiente ecuación:

$$N_d = N_g A_e 10^{-6} \text{ [Rayos directos por año]}$$

<sup>32</sup> Ilustración extraída de IRAM 2.184.



$$N_d = 6\,46.067\,10^{-6} = 0,2764 \text{ [Rayos directos por año]}$$

Como  $N_d > N_c$  esto quiere decir que las instalaciones si requieren un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Se debe proceder a determinar la eficiencia necesaria del SPCR de la siguiente manera

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E = 1 - \frac{0,0055}{0,2764} = 0,978$$

Ahora con la eficiencia calculada, podemos determinar el nivel de protección a partir de la siguiente tabla:

Nivel de protección	Eficacia E del SPCR
I + (*)	$E > 0,98$
I	$0,95 < E < 0,98$
II	$0,9 < E < 0,95$
III	$0,8 < E < 0,9$
IV	$0 < E < 0,8$

Tabla 48- Nivel de protección del SPCR.<sup>33</sup> IRAM 2184

El nivel de protección que se adopta para esta instalación es el Nivel I.

El método que se utiliza para determinar si las estructuras se encuentran protegidas es el de la esfera rodante. El mismo consiste en que toda estructura que no tenga contacto con la esfera que si estará en contacto con los captosres y o el suelo se encuentra protegida. El radio de la esfera depende del nivel de protección adoptado y se obtiene de la siguiente tabla:

<sup>33</sup> Tabla extraída de Norma IRAM 2.184.



Nivel de protección	Métodos de protección		
	De la esfera rodante Radio R [m]	De las mallas Dimensiones máximas [m x m]	Del ángulo $\alpha$ de protección Valores de $\alpha$ ( $^{\circ}$ )
I	20	5 x 5	Véanse la figura y el gráfico debajo de esta tabla
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

Tabla 49- Distancia y método de protección.<sup>34</sup>

Para el nivel de protección adoptado el radio de la esfera debe ser de 20 metros.

A continuación, se muestran los resultados de hacer rodar la esfera en la instalación, desde diferentes planos, esto nos da la pauta de donde instalar los captores para que la totalidad de las estructuras se encuentren protegidas.

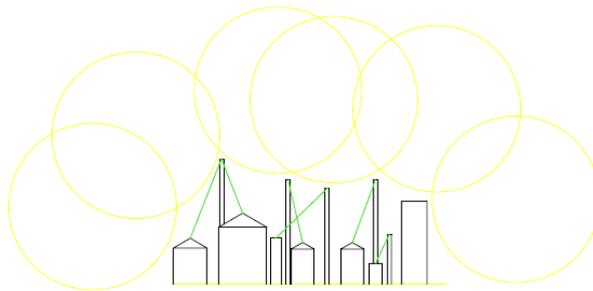


Ilustración 38- Esfera rodando sentido longitudinal.

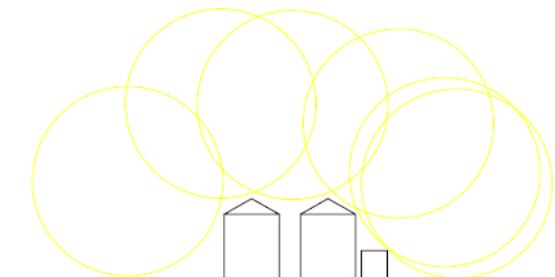
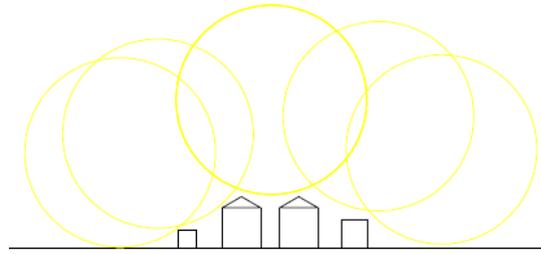
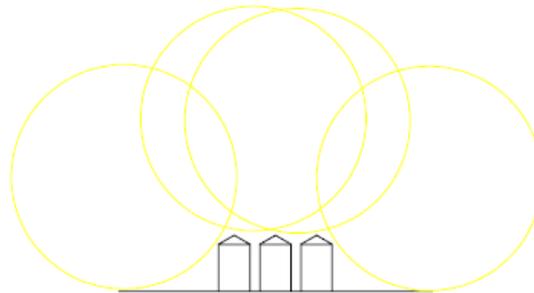


Ilustración 39- Esfera rodando sentido transversal Plano A.

<sup>34</sup> Tabla extraída Norma IRAM 2.184.



*Ilustración 40-Esfera rodando sentido transversal Plano B.*



*Ilustración 41-Esfera rodando sentido transversal Plano C.*

Luego de analizar la esfera rodando en el plano longitudinal (uno solo por la simetría en ese eje) y en varios planos transversales, se puede determinar la ubicación y el tipo de captor a instalar.

Se utilizarán como dispositivos captores tres puntas franklin, ubicadas 2 metros por encima de las dos norias más altas (norias N°2, N°3 y N°5), la bajada se realizará con un conductor de cobre desnudo, aislado de las estructuras de las norias, de 16 mm<sup>2</sup> de sección.

Además, cumplen la función de captores los cables de acero utilizados para el arrendamiento de las norias, para ello se vinculan los mismos en su extremo inferior a tierra mediante un cable desnudo de cobre de 16 mm<sup>2</sup> y una jabalina normalizada de acero-cobre (IRAM 2309), de 16,2 mm de diámetro y 3 metros de longitud.

De esta manera se concluye que la instalación queda protegida en su totalidad contra las descargas atmosféricas.



### Corrección del factor de potencia

La empresa que suministra la energía exige que la instalación posea una  $\tan \varphi < 0,54$ , lo cual equivale a un  $\cos \varphi > 0,88$ , para evitar recargos y penalizaciones en la facturación del suministro.

Esta instalación por la naturaleza de sus cargas, posee un factor de potencia muy por debajo del deseado, por lo cual el mismo se debe corregir mediante la incorporación de baterías de capacitores en paralelos con la instalación.

El factor de potencia de la instalación sin corrección se toma  $\cos \varphi = 0,75$  (valor bastante conservador). La potencia instalada ronda los 250 kVA, pero la máxima consumida simultáneamente es de 180 kVA, y no de manera contante. Por tal motivo será necesario tener un escalonamiento en la incorporación de las baterías de capacitores en la instalación.

El primer paso es determinar el valor del ángulo  $\varphi_{sc}$  con el factor de potencia sin corregir:

$$\varphi_{sc} = \cos^{-1} 0,75 = 41,41^\circ$$

Luego se determina la potencia reactiva consumida desde la red:

$$Q_{sc} = 180 [kVA] \sin 41,41^\circ = 119 [kVAr]$$

Ahora procedemos a determinar el valor del ángulo  $\varphi_c$  con el valor del factor de potencia deseado:

$$\varphi_c = \cos^{-1} 0,9 = 25,84^\circ$$

La potencia reactiva consumida desde la red en este caso sería:

$$Q_c = 180 [kVA] \sin 25,84^\circ = 79 [kVAr]$$

Si hacemos la diferencia entre la potencia reactiva consumida por la instalación sin ningún tipo de corrección y la potencia reactiva consumida con la corrección realizada, podemos obtener el valor de la potencia reactiva a aportar por el banco de capacitores:

$$Q_{cap} = Q_{sc} - Q_c = 40 [kVAr]$$



Por lo cual la capacidad del banco de capacitores a instalar deberá ser de 40 kVAr, con escalonamientos ya que el valor de la potencia reactiva a inyectar a la instalación con los capacitores deberá variar en función de cómo varíen las cargas. Este escalonamiento deberá realizarse de manera automática ya que es la forma más segura de acompañar la variación de la demanda de potencia, y se debe tener en cuenta que si el factor de potencia supera la unidad puede tener efectos muy dañinos para la instalación por la aparición de sobretensiones permanentes.

Para esta instalación se opta por un banco de capacitores de 50 kVAr con la posibilidad de 5 escalonamientos de 10 kVAr de manera automática, otorgando de esta manera flexibilidad al sistema. El mismo es marca WEG, modelo SMX-BCA-40.48 y cuenta con gabinete apto para instalaciones industriales. (Ver Anexo 51).



## CAPÍTULO 9 AUTOMATIZACIÓN

### Descripción general

Con la finalidad de obtener una mayor eficiencia y confiabilidad en la cadena de acondicionamiento del grano, se opta por realizar la automatización de la planta; además trae consigo otros beneficios como la eliminación de las tareas repetitivas y/o riesgosas para los operarios.

Al procesar diferentes tipos de granos, es necesaria una automatización flexible, que permita realizar cambios en la configuración del funcionamiento de la planta de manera sencilla.

En esta planta, la parte del proceso a la que se le presta mayor atención es al secado ya que difiere dependiendo el tipo de grano.

- Secado de arroz: a este se le realizan tres pasadas por la secadora, con dos periodos de estabilización térmica entre pasadas, para enviarlos al acopio luego de la última.
- Secado de soja y trigo: a estos se les realiza solo una pasada por la secadora y se los envía al acopio.

Las demás partes del proceso no difieren con el tipo de grano.

Cabe destacar que además del funcionamiento de la planta por medio de la automatización, la misma se podrá operar de manera totalmente manual mediante la conmutación de una llave selectora.

A continuación, se mencionan los criterios de mayor importancia para la automatización:

- Cuando intervienen varios transportes en un mismo proceso, la secuencia de arranque de los mismos debe comenzar de manera inversa, con esto se garantiza que no se produzcan atascamientos de material, y que los mismos arranquen sin carga.
- La secuencia de parada de los transportes debe ser inversa a la secuencia de arranque, es decir el primer transporte en arrancar debe ser el último en parar; esto evita que los transportes queden cargados con material.
- El operario mediante una llave selectora informa al PLC el tipo de grano que se procesa.



## Descripción del funcionamiento

### Funcionamiento en modo automático

#### Proceso de Arroz:

1. El transporte se recibe en la planta, se le realiza el pesaje y el calado. (Operario)
2. Se lo posiciona sobre el volquete hidráulico. (Operario)
3. Se verifica que la selectora se encuentre en automático. (Operario)
4. Se verifica que la selectora de tipo de grano se encuentre en Arroz. (Operario)
5. Se posiciona la selectora de Limpieza Si o Limpieza NO. (Operario)
6. Mediante un pulsador se da inicio al proceso. (Operario)
7. El PLC realiza las siguientes acciones:
  - a. Lee el estado de carga de los tres silos húmedos. (en función de esta lectura decide a donde dirigir el grano)
  - b. Posiciona la VCN°2 hacia el silo elegido en el paso previo.
  - c. Posiciona la VCN°1 hacia la limpieza (Caso selectora en Limpieza SI)
  - d. Enciende NN°2
  - e. Enciende TN°2
  - f. Enciende Zaranda
  - g. Enciende Limpieza de choque
  - h. Enciende NN°1
  - i. Enciende TN°1
  - j. Abre tapa de carga TN°1
8. Se acciona volquete hidráulico y se comienza con la descarga del grano. (Operario)

Esta parte del proceso es la recepción, descarga y acopio temporal en silos de grano húmedo, este proceso solo se detiene cuando el operario indica que no hay grano en la fosa de descarga o cuando los silos se encuentran completos. Es un proceso totalmente independiente al proceso de secado.

9. Se debe encender y ajustar parámetros de la secadora. (Operario)
10. Se indica mediante un sensor al PLC que la misma se encuentra encendida.
11. Mediante un pulsador se da inicio al proceso de secado. (Operario)
12. El PLC realiza las siguientes acciones:
  - a. Detecta nivel de grano en silos húmedos.
  - b. Posiciona la VCN°3 con dirección a la secadora.



- c. Posiciona la VCN°6 con dirección a la secadora.
- d. Posiciona VCN°4 con dirección al silo SPN°1.
- e. Posiciona VCN°8 con dirección a TN°9.
- f. Se enciende NN°4
- g. Se enciende TN°9
- h. Se enciende NN°3
- i. Se enciende TN°3, 4 o 5 dependiendo de que silo húmedo se tome el grano (orden de prioridad para el grano que lleva mayor tiempo acopiado)
- j. Se abre VDSHN°1, 2 o 3 según corresponda. (item h)

El punto g, h y i, son un ciclo independiente dentro del proceso de secado. La tolva de carga de la secadora posee un sensor de nivel máximo y un sensor de nivel mínimo. La NN°3 y TN°3, 4 o 5 se encienden y se apagan, al igual que la VDSHN°1, 2 o 3 se cierra o abre; en función de lo que indiquen estos sensores. Respetando las mismas secuencias de arranque y parada que se especificaron anteriormente.

- k. Cuando el SPN°1 llega al nivel establecido se activa un sensor de nivel (60%) del silo.
- l. Posiciona VCN°4 con dirección al SPN°2
- m. Cuando el SPN°2 llega al nivel establecido se activa un sensor de nivel (60%) del silo.

En este punto se detiene el proceso de carga a la secadora desde los silos de grano húmedo para comenzar a hacerle la segunda pasada al grano del SPN°1.

- n. Se cierra VDSHN°1, 2 o 3 según corresponda.
- o. Se detiene TN°1, 2 o 3 según corresponda.
- p. Posiciona VCN°4 con dirección al SPN°3
- q. Se enciende TN°6
- r. Se abre VDSPN°1

El punto g, o y p, son un ciclo independiente dentro del proceso de secado. Al igual que se detalló anteriormente y responden al estado de carga de la



tolva de la secadora. Respetando las mismas secuencias de arranque y parada.

- s. Cuando el SPN°3 llega al nivel establecido se activa un sensor de nivel (60%) del silo.

En este punto se detiene el proceso de carga a la secadora desde el SPN°1 para comenzar a hacerle la segunda pasada al grano del SPN°2.

- t. Se cierra VDSPN°1.
- u. Se detiene TN°6.
- v. Posiciona VCN°4 con dirección al SPN°1
- w. Se enciende TN°7
- x. Se abre VDSPN°2

El punto g, v y w, son un ciclo independiente dentro del proceso de secado. Al igual que se detalló anteriormente y responden al estado de carga de la tolva de la secadora. Respetando las mismas secuencias de arranque y parada.

- y. Cuando el SPN°1 llega al nivel establecido se activa un sensor de nivel (60%) del silo.

En este punto se detiene el proceso de carga a la secadora desde el SPN°2 para comenzar a hacerle la tercera pasada al grano del SPN°3.

- z. Se cierra VDSPN°2.
- aa. Se detiene TN°6.
- bb. Se detiene TN°9
- cc. Se detiene NN°4
- dd. Posiciona VCN°5 al Silo de acopio que corresponda (Seteado por operario)
- ee. Se enciende NN°5
- ff. Se enciende TN°10
- gg. Se enciende TN°8
- hh. Se abre VDSPN°3

El punto g, ff y gg, son un ciclo independiente dentro del proceso de secado. Al igual que se detalló anteriormente y responden al estado de carga de la



tolva de la secadora. Respetando las mismas secuencias de arranque y parada.

ii. Cuando el SPN°3 llega al nivel mínimo se activa un sensor de nivel.

En este punto se detiene el proceso de carga a la secadora desde el SPN°3 para comenzar a hacerle la tercera pasada al grano del SPN°1.

jj. Se cierra VDSPN°3.

kk. Se detiene TN°8.

ll. Se enciende TN°7

mm. Se abre VDSHN°1

Cuando el SPN°1 llega al nivel mínimo se activa un sensor de nivel.

Con este paso finaliza la etapa de secado de esa tanda de grano y el proceso vuelve a iniciar desde el punto 12 hasta que no haya granos en ningún silo húmedo o el operario indique la finalización del proceso.

El proceso de carga de camiones es independiente al proceso de secado siempre y cuando no sea en la etapa de la tercera pasada, en donde la NN°5 se utiliza para tomar el grano de la secadora y elevarlo para los silos de acopio.

13. El operario indica de que silo de acopio quiere despachar grano.

14. Da inicio al proceso de carga.

15. El PLC realiza las siguientes acciones:

- a. Posiciona la VCN°5 en dirección al despacho.
- b. Posiciona la VCN°8 en dirección a TN°10.
- c. Enciende NN°5.
- d. Enciende la RN°1, 2, 3 o 4. (depende del silo que seleccione el grano).
- e. Abre la tapa de carga de la RN°1, 2, 3 o 4.
- f. Finaliza el proceso con la orden del Operario.
- g. Cierra la tapa de carga de RN°1, 2, 3 o 4.
- h. Se detiene la RN°1, 2, 3 o 4.
- i. Se detiene la NN°5.



### Proceso del Soja y Trigo:

La recepción, descarga y acopio temporal en silos de grano húmedo, se realiza de la misma manera que para el arroz. Por esto se detalla a partir de la etapa de secado.

1. Se debe encender y ajustar parámetros de la secadora. (Operario)
2. Se indica mediante un sensor al PLC que la misma se encuentra encendida.
3. Mediante un pulsador se da inicio al proceso de secado. (Operario)
4. El PLC realiza las siguientes acciones:
  - a. Detecta nivel de grano en silos húmedos.
  - b. Posiciona la VCN°3 con dirección a la secadora.
  - c. Posiciona la VCN°6 con dirección a la secadora.
  - d. Posiciona la VCN°5 con dirección al silo de acopio (seteado previamente por Operario).
  - e. Se enciende NN°5.
  - f. Se enciende TN°10.
  - g. Se enciende NN°3.
  - h. Se enciende TN°3, 4 o 5 dependiendo de que silo húmedo se tome el grano (orden de prioridad para el grano que lleva mayor tiempo acopiado)
  - i. Se abre VDSHN°1, 2 o 3 según corresponda. (item f)

El punto f, g y h, son un ciclo independiente dentro del proceso de secado. La tolva de carga de la secadora posee un sensor de nivel máximo y un sensor de nivel mínimo. La NN°3 y TN°3, 4 o 5 se encienden y se apagan, al igual que la VDSHN°1, 2 o 3 se cierra o abre; en función de lo que indiquen estos sensores. Respetando las mismas secuencias de arranque y parada que se especificaron anteriormente.

El proceso de carga para el despacho se realiza de la misma manera que para el arroz.

Hay situaciones en que las condiciones del grano de soja permiten un secado realizando una mezcla de grano con diferentes porcentajes de humedad. Esto permite obtener los resultados deseados sin la utilización de recursos energéticos, lo que hace que el proceso sea más rentable. No siempre es posible la realización de este proceso



por eso no se cuenta con una automatización para el mismo; si se cuenta con la posibilidad de que el operario de planta pueda realizarlo de manera manual.

#### Proceso de aireación.

Para el control del accionamiento de los ventiladores encargados del proceso de aireación se instalará un sistema de termometría.

Este cuenta con un sistema de medición de temperatura compuesto por sensores ubicados de manera estratégica dentro de las celdas de acopio e interconectados entre sí, permiten tener un control en la totalidad de la masa del grano.

Una central meteorológica que controla los parámetros en el exterior, y envía los datos a la unidad central. Esta última en base a los parámetros y las curvas de equilibrio de cada grano decide el encendido del sistema de aireación.

Un módulo de control para aireación, este es un anexo al sistema central de la termometría, que permite en función de la información procesada, el accionamiento o no de los ventiladores.

#### Funcionamiento en modo manual.

El funcionamiento en modo manual permite la marcha/parada de equipos, apertura/cierre de válvulas de descarga y posicionamiento de válvulas de canalización mediante la conmutación de selectoras por parte del operario.

Estas selectoras no ejercen acción directa sobre los contactores de marcha o electroválvulas, si no que envían información al PLC y es este quien a través de sus salidas energiza las bobinas de los contactores y electroválvulas.

### Descripción de la arquitectura del sistema

El componente central del sistema de automatización es un control lógico programable (PLC). Al mismo, se le informa el estado de cada componente que interviene en el proceso por medio de sensores estratégicamente ubicados; en base a esta información y al programa previamente cargado, ejecuta las acciones necesarias para el funcionamiento de la planta.

Información suministrada al PLC mediante censado:

- Nivel de silos.



- Posición de válvulas de canalización (Dirección).
- Estado de válvulas de descarga (Abierto/Cerrado).
- Estado de tapas de carga de transportes helicoidales (Abierto/Cerrado).
- Estado de cada transporte (Marcha/Parado).
- Falla en transportes.
- Estado de secadora (Encendida/Apagada).

Los sensores utilizados son los siguientes:

1. Nivel de silos: para determinar el nivel de carga de los silos se colocan a diferentes alturas sensores de paleta.
2. Válvulas de canalización: Para identificar la posición en la que se encuentra se utilizan sensores de tipo inductivo; colocados uno por cada posición.
3. Válvulas de descarga y Tapas de carga de transportes helicoidales: Para identificar si las mismas se encuentran abiertas o cerradas se utilizan interruptores finales de carrera.
4. Transportes en marcha y Transportes en falla: Para esto se utilizan los contactos auxiliares del contactor de arranque de los motores de cada transporte.
5. Estado de la secadora: para conocer el estado de la secadora se coloca una termocupla en las cercanías del quemador.

Información suministrada al PLC mediante el operario:

- Tipo de grano.
- Operación manual o automática.
- Si se realiza limpieza o no.
- Silo en el que se desea acopiar.
- Silo del que se desea despachar.

Esta información se suministra por medio los contactos de llaves selectoras y pulsadores.

Accionamientos:

El PLC activa o desactiva sus salidas en función de la programación e información que recibe. Estas salidas son para comandar los siguientes elementos:

- Electroválvulas neumáticas.



Se utilizan para comandar los cilindros neumáticos que mueven las válvulas de canalización, descarga y tapas de carga de los transportes helicoidales.

- Contactores de potencia.

Se utilizan para energizar y desenergizar los motores que accionan los transportes de grano y ventiladores.

- Indicadores luminosos.

Se utilizan para indicar el estado de cada elemento en el pupitre del operador.

### Detalle del equipamiento utilizado

#### Sensores

Se utilizan para detectar acciones externas y enviar esta información al PLC, a continuación, se detallan los mismos.

Ubicación	Posición	Sensor	Tipo
VCN°1	1	S-VCN°1 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°1 -P2	Inductivo
VCN°2	1	S-VCN°2 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°2 -P2	Inductivo
	3	S-VCN°2 -P3	Inductivo
VCN°3	1	S-VCN°3 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°3 -P2	Inductivo
	3	S-VCN°3 -P3	Inductivo
VCN°4	1	S-VCN°4 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°4 -P2	Inductivo
	3	S-VCN°4 -P3	Inductivo
VCN°5	1	S-VCN°5 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°5 -P2	Inductivo
	3	S-VCN°5 -P3	Inductivo
	4	S-VCN°5 -P4	Inductivo
	5	S-VCN°5 -P5	Inductivo
	6	S-VCN°5 -P6	Inductivo
VCN°6	1	S-VCN°6 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°6 -P2	Inductivo
VCN°7	1	S-VCN°7 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°7 -P2	Inductivo
VCN°8	1	S-VCN°8 -P1	Inductivo
	2	S-VCN°8 -P2	Inductivo
VDSHN°1	A/C	S-VDSHN°1-A	Final de carrera



VDSHN°2	A/C	S-VDSHN°2-A	Final de carrera
VDSHN°3	A/C	S-VDSHN°2-A	Final de carrera
VDSPN°1	A/C	S-VDSPN°1-A	Final de carrera
VDSPN°2	A/C	S-VDSPN°2-A	Final de carrera
VDSPN°3	A/C	S-VDSPN°3-A	Final de carrera
VDCTN°1	A/C	S-VDCTN°1-A	Final de carrera
VDCRN°1	A/C	S-VDCRN°1-A	Final de carrera
VDCRN°2	A/C	S-VDCRN°2-A	Final de carrera
VDCRN°3	A/C	S-VDCRN°3-A	Final de carrera
VDCRN°4	A/C	S-VDCRN°4-A	Final de carrera

*Tabla 50-Sensores de posición de válvulas de canalización y descarga.*

Para mayor información de sensores inductivos y finales de carrera ver sección anexos. (Ver Anexo 52 y 53).

Denominación	Posición	Sensor	Tipo
SHN°1	Min	S-SHN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SHN°1-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SHN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
SHN°2	Min	S-SHN°2-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SHN°2-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SHN°2-Max	Indicador de nivel a paleta
SHN°3	Min	S-SHN°3-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SHN°3-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SHN°3-Max	Indicador de nivel a paleta
SPN°1	Min	S-SPN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SPN°1-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SPN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
SPN°2	Min	S-SPN°2-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SPN°2-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SPN°2-Max	Indicador de nivel a paleta
SPN°3	Min	S-SPN°3-Min	Indicador de nivel a paleta
	60%	S-SPN°3-60	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SPN°3-Max	Indicador de nivel a paleta
SAN°1	Min	S-SAN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	50%	S-SAN°1-50	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SAN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
SAN°2	Min	S-SAN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	50%	S-SAN°1-50	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SAN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
SAN°3	Min	S-SAN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	50%	S-SAN°1-50	Indicador de nivel a paleta



	Max	S-SAN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
SAN°4	Min	S-SAN°1-Min	Indicador de nivel a paleta
	50%	S-SAN°1-50	Indicador de nivel a paleta
	Max	S-SAN°1-Max	Indicador de nivel a paleta
Tolva secadora	MIN	S-TS-Min	Indicador de nivel a paleta
	MAX	S-TS-Max	Indicador de nivel a paleta
Encendido secadora	Encendido	S-Tcupla	Termocupla

*Tabla 51- Sensores indicadores de nivel de grano.*

Para mayor información de los indicadores de nivel a paleta ver sección anexos. (Ver Anexo 54).

### Contactos auxiliares

Se utilizan como entrada de información al PLC los contactos auxiliares de los dispositivos de arranque y protección de los motores eléctricos de los transportes, a continuación, se detallan los mismos.

<b>Equipo</b>	<b>contactor</b>	<b>Contacto falla</b>	<b>Denominación del contacto</b>	<b>Contacto de marcha</b>	<b>Denominación del contacto</b>
<b>Tornillo N°1</b>	-KM1	67/68	CAF1	13/14	CAM1
<b>Tornillo N°2</b>	-KM2	67/68	CAF2	13/14	CAM2
<b>Tornillo N°3</b>	-KM3	67/68	CAF3	13/14	CAM3
<b>Tornillo N°4</b>	-KM4	67/68	CAF4	13/14	CAM4
<b>Tornillo N°5</b>	-KM5	67/68	CAF5	13/14	CAM5
<b>Tornillo N°6</b>	-KM6	67/68	CAF6	13/14	CAM6
<b>Tornillo N°7</b>	-KM7	67/68	CAF7	13/14	CAM7
<b>Tornillo N°8</b>	-KM8	67/68	CAF8	13/14	CAM8
<b>Tornillo N°9</b>	-KM9	67/68	CAF9	13/14	CAM9
<b>Tornillo N°10</b>	-KM10	67/68	CAF10	13/14	CAM10
<b>Rosca N°1</b>	-KM11	67/68	CAF11	13/14	CAM11
<b>Rosca N°2</b>	-KM12	67/68	CAF12	13/14	CAM12
<b>Rosca N°3</b>	-KM13	67/68	CAF13	13/14	CAM13
<b>Rosca N°4</b>	-KM14	67/68	CAF14	13/14	CAM14
<b>Noria N°1</b>	-KM15	67/68	CAF15	13/14	CAM15
<b>Noria N°2</b>	-KM16	67/68	CAF16	13/14	CAM16
<b>Noria N°3</b>	-KM17	67/68	CAF17	13/14	CAM17
<b>Noria N°4</b>	-KM18	67/68	CAF18	13/14	CAM18
<b>Noria N°5</b>	-KM19	67/68	CAF19	13/14	CAM19



<b>Limpieza zaranda</b>	-KM20	67/68	CAF20	13/14	CAM20
<b>Limpieza de choque</b>	-KM21	67/68	CAF21	13/14	CAM21
<b>Ventilador N°1</b>	-KM22	67/68	CAF22	13/14	CAM22
<b>Ventilador N°2</b>	-KM23	67/68	CAF23	13/14	CAM23
<b>Ventilador N°3</b>	-KM24	67/68	CAF24	13/14	CAM24
<b>Ventilador N°4</b>	-KM25	67/68	CAF25	13/14	CAM25

*Tabla 52- Contactos auxiliares de dispositivos de protección y maniobra.*

También se utilizan contactos auxiliares de la unidad de termometría, esta indica al PLC en que momentos se deben accionar los ventiladores necesarios.

<b>Equipo</b>	<b>Contacto marcha</b>	<b>Denominación</b>
<b>Termometría Silo N°1</b>	13/14	CAVS1
<b>Termometría Silo N°2</b>	13/15	CAVS2
<b>Termometría Silo N°3</b>	13/16	CAVS3
<b>Termometría Silo N°4</b>	13/17	CAVS4

*Tabla 53- Contactos auxiliares de termometría.*

#### Selectoras

Se utilizan para enviar información al PLC de manera manual, a continuación, se detallan los mismos.

<b>Accionamiento Manual</b>				
<b>Función</b>	<b>Llave selectora</b>	<b>Denominación</b>	<b>Posiciones</b>	
Automático o Manual	Llave selectora N°1	LS-N°1	0	Automático
			1	Manual
Tipo de Grano	Llave selectora N°2	LS-N°2	0	Arroz
			1	Soja-Trigo
Iniciar /Finalizar Proceso	Llave selectora N°3	LS-N°3	0	Finalizar
			1	Iniciar
Limpieza SI/NO	Llave selectora N°4	LS-N°4	0	No Limpieza
			1	Si Limpieza
Marcha / Parada LZ	Llave selectora LZ	LS-N°5	0	Parada
			1	Marcha
Marcha / Parada LC	Llave selectora LC	LS-N°6	0	Parada
			1	Marcha
Marcha / Parada TN°1	Llave selectora TN°1	LS-TN°1	0	Parada
			1	Marcha



Marcha / Parada TN°2	Llave selectora TN°2	LS-TN°2	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°3	Llave selectora TN°3	LS-TN°3	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°4	Llave selectora TN°4	LS-TN°4	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°5	Llave selectora TN°5	LS-TN°5	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°6	Llave selectora TN°6	LS-TN°6	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°7	Llave selectora TN°7	LS-TN°7	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°8	Llave selectora TN°8	LS-TN°8	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°9	Llave selectora TN°9	LS-TN°9	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada TN°10	Llave selectora TN°10	LS-TN°10	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada RN°1	Llave selectora TR°1	LS-RN°1	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada RN°2	Llave selectora TR°2	LS-RN°2	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada RN°3	Llave selectora TR°3	LS-RN°3	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada RN°4	Llave selectora TR°4	LS-RN°4	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada NN°1	Llave selectora NN°1	LS-NN°1	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada NN°2	Llave selectora NN°2	LS-NN°2	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada NN°3	Llave selectora NN°3	LS-NN°3	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada NN°4	Llave selectora NN°4	LS-NN°4	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada NN°5	Llave selectora NN°5	LS-NN°5	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada VN°1	Llave selectora VN°1	LS-VN°1	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada VN°2	Llave selectora VN°2	LS-VN°2	0 1	Parada Marcha
Marcha / Parada VN°3	Llave selectora VN°3	LS-VN°3	0 1	Parada Marcha



Marcha / Parada VN°4	Llave selectora VN°4	LS-VN°4	0	Parada
			1	Marcha
Dirección VCN°1	Llave selectora VCN°1	LS-VCN°1	1	Equipos de limpieza
			2	Noria N°2
Dirección VCN°2	Llave selectora VCN°2	LS-VCN°2	1	SHN°1
			2	SHN°2
			3	SHN°3
Dirección VCN°3	Llave selectora VCN°3	LS-VCN°3	1	SPN°1
			2	Secadora
			3	SPN°3
Dirección VCN°4	Llave selectora VCN°4	LS-VCN°4	1	SPN°1
			2	SPN°2
			3	SPN°3
Dirección VCN°5	Llave selectora VCN°5	LS-VCN°5	1	Celda de acopio
			2	SAN°1
			3	SAN°2
			4	Carga camiones
			5	SAN°3
			6	SAN°4
Dirección VCN°6	Llave selectora VCN°6	LS-VCN°6	1	SPN°2
			2	Secadora - Noria N°5
Dirección VCN°7	Llave selectora VCN°7	LS-VCN°7	1	Secadora
			2	Noria N°5
Dirección VCN°8	Llave selectora VCN°8	LS-VCN°8	1	Tornillo N°9
			2	Tornillo N°10
Abrir / Cerrar Descarga SHN°1	Llave selectora VDSHN°1	LS-VD°1	0	Cerrada
			1	Abierta
Abrir / Cerrar Descarga SHN°2	Llave selectora VDSHN°2	LS-VD°2	0	Cerrada
			1	Abierta
Abrir / Cerrar Descarga SHN°3	Llave selectora VDSHN°3	LS-VD°3	0	Cerrada
			1	Abierta
Abrir / Cerrar Descarga SPN°1	Llave selectora VDSPN°4	LS-VD°4	0	Cerrada
			1	Abierta
Abrir / Cerrar Descarga SPN°2	Llave selectora VDSPN°5	LS-VD°5	0	Cerrada
			1	Abierta
Abrir / Cerrar Descarga SPN°3	Llave selectora VDSPN°6	LS-VD°6	0	Cerrada
			1	Abierta

*Tabla 54- Llaves selectoras para accionamiento manual.*



## Actuadores

Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

El accionamiento de válvulas y tapas de carga se realiza con pistones neumáticos, el accionamiento de estos pistones se logra con la utilización de electroválvulas neumáticas. Las electroválvulas neumáticas poseen un solenoide con el cual se logra el cambio de estado de las mismas mediante un accionamiento eléctrico proveniente del PLC.

Lo mismo sucede con accionamiento de los motores eléctricos, se realiza a través de los dispositivos de protección y maniobra. Estos últimos poseen solenoide que al ser energizado desde el PLC, produce un movimiento mecánico, cerrando así los contactos de la parte de potencia.

A continuación, se detallan las electroválvulas y dispositivo de protección y maniobra utilizados, también se detallan los indicadores luminosos del pupitre del operador.

<b>Denominación</b>	<b>Electroválvula</b>	<b>Vías / Posiciones</b>	<b>Tensión</b>	<b>Características principales</b>
VCN°1	EV-VCN°1	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VCN°2	EV-VCN°2	5/3	110 [VCA]	Centro cerrado (Con Reg. de velocidad bidireccional)
VCN°3	EV-VCN°3	5/3	110 [VCA]	Centro cerrado (Con Reg. de velocidad bidireccional)
VCN°4	EV-VCN°4	5/3	110 [VCA]	Centro cerrado (Con Reg. de velocidad bidireccional)
VCN°5	EV-VCN°5	5/3	110 [VCA]	Centro cerrado (Reg. de velocidad bidireccional)
VCN°6	EV-VCN°6	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VCN°7	EV-VCN°7	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VCN°8	EV-VCN°8	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDSHN°1	EV-VDSHN°1	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico



Ampliación y reingeniería en planta de acondicionamiento y acopio de granos.

VDSHN°2	EV-VDSHN°2	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDSHN°3	EV-VDSHN°3	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDSPN°1	EV-VDSPN°1	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDSPN°2	EV-VDSPN°2	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDSPN°3	EV-VDSPN°3	5/2	110 [VCA]	Monoestable - Retorno por muelle mecánico
VDCTN°1	EV-VDCTN°1	5/3	110 [VCA]	Centro Abierto (Con Reg.de velocidad bidireccional)
VDCRN°1	EV-VDCRN°1	5/3	110 [VCA]	Centro Abierto (Con válvula de regulación de velocidad bidireccional)
VDCRN°2	EV-VDCRN°2	5/3	110 [VCA]	Centro Abierto (Con Reg. de velocidad bidireccional)
VDCRN°3	EV-VDCRN°3	5/3	110 [VCA]	Centro Abierto (Con Reg. de velocidad bidireccional)
VDCRN°4	EV-VDCRN°4	5/3	110 [VCA]	Centro Abierto (Con Reg. de velocidad bidireccional)

*Tabla 55- Electroválvulas para comando de pistones.*

Para mayor información de las electroválvulas ver sección anexos. (Ver Anexo 55 y 56).

<b>Equipo</b>	<b>Denominación del motor</b>	<b>Denominación del contactor (Base Tesys)</b>	<b>Bobina de arranque</b>
Tornillo N°1	MT1	-KM1	110 [VCA]
Tornillo N°2	MT2	-KM2	110 [VCA]
Tornillo N°3	MT3	-KM3	110 [VCA]
Tornillo N°4	MT4	-KM4	110 [VCA]
Tornillo N°5	MT5	-KM5	110 [VCA]
Tornillo N°6	MT6	-KM6	110 [VCA]
Tornillo N°7	MT7	-KM7	110 [VCA]
Tornillo N°8	MT8	-KM8	110 [VCA]
Tornillo N°9	MT9	-KM9	110 [VCA]



Tornillo N°10	MT10	-KM10	110 [VCA]
Rosca N°1	MR1	-KM11	110 [VCA]
Rosca N°2	MR2	-KM12	110 [VCA]
Rosca N°3	MR3	-KM13	110 [VCA]
Rosca N°4	MR4	-KM14	110 [VCA]
Noria N°1	MN1	-KM15	110 [VCA]
Noria N°2	MN2	-KM16	110 [VCA]
Noria N°3	MN3	-KM17	110 [VCA]
Noria N°4	MN4	-KM18	110 [VCA]
Noria N°5	MN5	-KM19	110 [VCA]
Limpieza zaranda	MLZ	-KM20	110 [VCA]
Limpieza de choque	MLC	-KM21	110 [VCA]
Ventilador N°1	MV1	-KM22	110 [VCA]
Ventilador N°2	MV2	-KM23	110 [VCA]
Ventilador N°3	MV3	-KM24	110 [VCA]
Ventilador N°4	MV4	-KM25	110 [VCA]

*Tabla 56- Bobinas de accionamiento de dispositivos de protección y maniobra.*

<b>Luz Piloto</b>	<b>Denominación</b>	<b>Color</b>	<b>Tensión</b>
Marcha TN°1	PMT1	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°2	PMT2	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°3	PMT3	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°4	PMT4	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°5	PMT5	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°6	PMT6	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°7	PMT7	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°8	PMT8	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°9	PMT9	Verde	110 [VCA]
Marcha TN°10	PMT10	Verde	110 [VCA]
Marcha RN°1	PMR1	Verde	110 [VCA]
Marcha RN°2	PMR2	Verde	110 [VCA]
Marcha RN°3	PMR3	Verde	110 [VCA]
Marcha RN°4	PMR4	Verde	110 [VCA]
Marcha NN°1	PMN1	Verde	110 [VCA]
Marcha NN°2	PMN2	Verde	110 [VCA]
Marcha NN°3	PMN3	Verde	110 [VCA]
Marcha NN°4	PMN4	Verde	110 [VCA]
Marcha NN°5	PMN5	Verde	110 [VCA]
Marcha LZ	PMLZ	Verde	110 [VCA]



Marcha LC	PMLC	Verde	110 [VCA]
Marcha VN°1	PMV1	Verde	110 [VCA]
Marcha VN°2	PMV2	Verde	110 [VCA]
Marcha VN°3	PMV3	Verde	110 [VCA]
Marcha VN°4	PMV4	Verde	110 [VCA]
Secadora encendida	PSE	Verde	110 [VCA]
Falla TN°1	PFT1	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°2	PFT2	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°3	PFT3	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°4	PFT4	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°5	PFT5	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°6	PFT6	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°7	PFT7	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°8	PFT8	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°9	PFT9	Rojo	24 [VCC]
Falla TN°10	PFT10	Rojo	24 [VCC]
Falla RN°1	PFR1	Rojo	24 [VCC]
Falla RN°2	PFR2	Rojo	24 [VCC]
Falla RN°3	PFR3	Rojo	24 [VCC]
Falla RN°4	PFR4	Rojo	24 [VCC]
Falla NN°1	PFN1	Rojo	24 [VCC]
Falla NN°2	PFN2	Rojo	24 [VCC]
Falla NN°3	PFN3	Rojo	24 [VCC]
Falla NN°4	PFN4	Rojo	24 [VCC]
Falla NN°5	PFN5	Rojo	24 [VCC]
Falla LZ	PFLZ	Rojo	24 [VCC]
Falla LC	PFLC	Rojo	24 [VCC]
Falla VN°1	PFV1	Rojo	24 [VCC]
Falla VN°2	PFV2	Rojo	24 [VCC]
Falla VN°3	PFV3	Rojo	24 [VCC]
Falla VN°4	PFV4	Rojo	24 [VCC]
VCN°1 Posición 1	PVC11	Blanco	110 [VCA]
VCN°1 Posición 2	PVC12	Blanco	110 [VCA]
VCN°2 Posición 1	PVC21	Blanco	110 [VCA]
VCN°2 Posición 2	PVC22	Blanco	110 [VCA]
VCN°2 Posición 3	PVC23	Blanco	110 [VCA]
VCN°3 Posición 1	PVC31	Blanco	110 [VCA]
VCN°3 Posición 2	PVC32	Blanco	110 [VCA]
VCN°3 Posición 3	PVC33	Blanco	110 [VCA]
VCN°4 Posición 1	PVC41	Blanco	110 [VCA]
VCN°4 Posición 2	PVC42	Blanco	110 [VCA]
VCN°4 Posición 3	PVC43	Blanco	110 [VCA]



VCN°5 Posición 1	PVC51	Blanco	110 [VCA]
VCN°5 Posición 2	PVC52	Blanco	110 [VCA]
VCN°5 Posición 3	PVC53	Blanco	110 [VCA]
VCN°5 Posición 4	PVC54	Blanco	110 [VCA]
VCN°5 Posición 5	PVC55	Blanco	110 [VCA]
VCN°5 Posición 6	PVC56	Blanco	110 [VCA]
VCN°6 Posición 1	PVC61	Blanco	110 [VCA]
VCN°6 Posición 2	PVC62	Blanco	110 [VCA]
VCN°7 Posición 1	PVC71	Blanco	110 [VCA]
VCN°7 Posición 2	PVC72	Blanco	110 [VCA]
VCN°8 Posición 1	PVC81	Blanco	110 [VCA]
VCN°8 Posición 2	PVC82	Blanco	110 [VCA]

*Tabla 57- Pilotos de indicación de marcha, falla y posición de válvulas de canalización.*

### Determinación de Entradas y Salidas

Una vez determinados todos los componentes que intervienen en el funcionamiento de la planta, podemos determinar las entradas y salidas necesarias del PLC.

Para esta planta se necesitan 125 entradas y 77 salidas.

### Selección del PLC

Teniendo en cuenta la cantidad de entradas y salidas, se opta por la utilización de un PLC del tipo modular de la serie EH-150 de la marca Hitachi.

Integrado por:

- CPU modelo EH-CPU516 que admite módulos de E/S de 16/32/64 puntos.
- Módulo de alimentación modelo EH-PSA con entrada 100 a 240 VCA y salida 5 VCC a 3,8 A; 24 V CC 0,4 A.
- Unidad básica modelo EH-BS11A con la posibilidad de instalar 11 módulos de E/S.
- Módulos de entrada:
  - 4 módulos EH-XD32 de 32 puntos a 24 VCC.
- Módulos de salida:
  - 5 módulos EH-AÑO16 de 16 puntos, relé, 100-220 VCA.
- Interfaz hombre maquina modelo EH-TP500.

En la sección anexos se muestra la hoja de datos de los productos seleccionados. (Ver Anexo 57).



### Organización de entradas y salidas en módulos del PLC

A continuación, se muestran las entradas y salidas que componen cada módulo. En el caso de las entradas también se muestra el dispositivo desde el que proviene la activación; y en el caso de las salidas, que elemento activa.

<b>Módulo E 1</b>		<b>Módulo E 2</b>	
Entrada	Proveniente	Entrada	Proveniente
I0	LS-N°1-P1	I0	LS-VCN°2-P2
I1	LS-N°2-P1	I1	LS-VCN°2-P3
I2	LS-N°3-P1	I2	LS-VCN°3-P1
I3	LS-N°4-P1	I3	LS-VCN°3-P2
I4	LS-N°5-P1	I4	LS-VCN°3-P3
I5	LS-N°6-P1	I5	LS-VCN°4-P1
I6	LS-TN°1-P1	I6	LS-VCN°4-P2
I7	LS-TN°2-P1	I7	LS-VCN°4-P3
I8	LS-TN°3-P1	I8	LS-VCN°5-P1
I9	LS-TN°4-P1	I9	LS-VCN°5-P2
I10	LS-TN°5-P1	I10	LS-VCN°5-P3
I11	LS-TN°6-P1	I11	LS-VCN°5-P4
I12	LS-TN°7-P1	I12	LS-VCN°5-P5
I13	LS-TN°8-P1	I13	LS-VCN°5-P6
I14	LS-TN°9-P1	I14	LS-VCN°6-P1
I15	LS-TN°10-P1	I15	LS-VCN°6-P2
I16	LS-RN°1-P1	I16	LS-VCN°7-P1
I17	LS-RN°2-P1	I17	LS-VCN°7-P2
I18	LS-RN°3-P1	I18	LS-VCN°8-P1
I19	LS-RN°4-P1	I19	LS-VCN°8-P2
I20	LS-NN°1-P1	I20	LS-VDN°1-P1
I21	LS-NN°2-P1	I21	LS-VDN°2-P1
I22	LS-NN°3-P1	I22	LS-VDN°3-P1
I23	LS-NN°4-P1	I23	LS-VDN°4-P1
I24	LS-NN°5-P1	I24	LS-VDN°5-P1
I25	LS-VN°1-P1	I25	LS-VDN°6-P1
I26	LS-VN°2-P1	I26	S-VCN°1 -P1
I27	LS-VN°3-P1	I27	S-VCN°1 -P2
I28	LS-VN°4-P1	I28	S-VCN°2 -P1
I29	LS-VCN°1-P1	I29	S-VCN°2 -P2
I30	LS-VCN°1-P2	I30	S-VCN°2 -P3
I31	LS-VCN°2-P1	I31	S-VCN°3 -P1

*Tabla 58- Módulos de entrada 1 y 2*



<b>Módulo E 3</b>		<b>Módulo E 4</b>	
Entrada	Proveniente	Entrada	Proveniente
I0	S-VCN°3 -P2	I0	S-SHN°2-60
I1	S-VCN°3 -P3	I1	S-SHN°2-Max
I2	S-VCN°4 -P1	I2	S-SHN°3-Min
I3	S-VCN°4 -P2	I3	S-SHN°3-60
I4	S-VCN°4 -P3	I4	S-SHN°3-Max
I5	S-VCN°5 -P1	I5	S-SPN°1-Min
I6	S-VCN°5 -P2	I6	S-SPN°1-60
I7	S-VCN°5 -P3	I7	S-SPN°1-Max
I8	S-VCN°5 -P4	I8	S-SPN°2-Min
I9	S-VCN°5 -P5	I9	S-SPN°2-60
I10	S-VCN°5 -P6	I10	S-SPN°2-Max
I11	S-VCN°6 -P1	I11	S-SPN°3-Min
I12	S-VCN°6 -P2	I12	S-SPN°3-60
I13	S-VCN°7 -P1	I13	S-SPN°3-Max
I14	S-VCN°7 -P2	I14	S-SAN°1-Min
I15	S-VCN°8 -P1	I15	S-SAN°1-50
I16	S-VCN°8 -P2	I16	S-SAN°1-Max
I17	S-VDSHN°1-A	I17	S-SAN°1-Min
I18	S-VDSHN°2-A	I18	S-SAN°1-50
I19	S-VDSHN°2-A	I19	S-SAN°1-Max
I20	S-VDSPN°1-A	I20	S-SAN°1-Min
I21	S-VDSPN°2-A	I21	S-SAN°1-50
I22	S-VDSPN°3-A	I22	S-SAN°1-Max
I23	S-VDCTN°1-A	I23	S-SAN°1-Min
I24	S-VDCRN°1-A	I24	S-SAN°1-50
I25	S-VDCRN°2-A	I25	S-SAN°1-Max
I26	S-VDCRN°3-A	I26	S-TS-Min
I27	S-VDCRN°4-A	I27	S-TS-Max
I28	S-SHN°1-Min	I28	S-Tcupla
I29	S-SHN°1-60	I29	
I30	S-SHN°1-Max	I30	
I31	S-SHN°2-Min	I31	

*Tabla 59- Módulos de entrada 3 y 4*

<b>Modulo 1</b>			<b>Modulo 2</b>		
Salida	Activación		Salida	Activación	
O0	-KM1	PMT1	O0	-KM17	PMN3
O1	-KM2	PMT2	O1	-KM18	PMN4



O2	-KM3	PMT3	O2	-KM19	PMN5
O3	-KM4	PMT4	O3	-KM20	PMLZ
O4	-KM5	PMT5	O4	-KM21	PMLC
O5	-KM6	PMT6	O5	-KM22	PMV1
O6	-KM7	PMT7	O6	-KM23	PMV2
O7	-KM8	PMT8	O7	-KM24	PMV3
O8	-KM9	PMT9	O8	-KM25	PMV4
O9	-KM10	PMT10	O9	B1	
O10	-KM11	PMR1	O10	B2	
O11	-KM12	PMR2	O11	B3	
O12	-KM13	PMR3	O12	B4	
O13	-KM14	PMR4	O13	B5	
O14	-KM15	PMN1	O14	B6	
O15	-KM16	PMN2	O15	B7	

*Tabla 60- Módulos de salida 1 y 2*

<b>Modulo 3</b>		<b>Modulo 4</b>	
Salida	Activación	Salida	Activación
O0	B8	O0	B24
O1	B9	O1	B25
O2	B10	O2	B26
O3	B11	O3	B27
O4	B12	O4	B28
O5	B13	O5	PSE
O6	B14	O6	PVC11
O7	B15	O7	PVC12
O8	B16	O8	PVC21
O9	B17	O9	PVC22
O10	B18	O10	PVC23
O11	B19	O11	PVC31
O12	B20	O12	PVC32
O13	B21	O13	PVC33
O14	B22	O14	PVC41
O15	B23	O15	PVC42

*Tabla 61- Módulos de salida 3 y 4.*



<b>Módulo 5</b>	
Salida	Activación
O0	PVC43
O1	PVC51
O2	PVC52
O3	PVC53
O4	PVC54
O5	PVC55
O6	PVC56
O7	PVC61
O8	PVC62
O9	PVC71
O10	PVC72
O11	PVC81
O12	PVC82
O13	-
O14	-
O15	-

*Tabla 62- Módulo de Salida 5*

#### Interacción Hombre Maquina

Además de la pantalla HMI instalada, el operario cuenta con un pupitre que imitara gráficamente la planta, en donde se encuentran las llaves selectoras con las que da ordenes al PLC y los pilotos luminosos que le permiten conocer el estado del equipamiento que compone la instalación.



## CAPÍTULO 10 DISEÑO DE RED NEUMÁTICA

Para comenzar con el diseño de la red neumática, lo primero que se debe realizar es definir las herramientas neumáticas, actuadores, etc. que utilizaremos, para así poder seleccionar el compresor necesario.

### Selección del compresor

En la planta, no se utilizan herramientas neumáticas, pero sí actuadores neumáticos y a su vez mangueras en distintos puntos para poder utilizar como soplete para realizar limpieza ya sea de motores, ventiladores, piso, etc.

Tenemos 5 actuadores neumáticos de 80 [mm] de diámetro por 350 [mm] de carrera, los cuales serán utilizados de la siguiente manera:

- 2 en las roscas extractoras 3-4 de los silos grandes hacia la noria N°5.
- 2 en las roscas extractoras 1-2 de los silos chicos hacia la noria N°5.
- 1 en la rosca extractora del volcador hacia la noria N°1.

Además, contamos con 6 actuadores neumáticos de 100 [mm] de diámetro por 400 [mm] de carrera, los cuales serán utilizados en las válvulas guillotinas de los 6 silos elevados.

Y, por último, se utilizan 12 cilindros neumáticos de 25 [mm] de diámetro por 120 [mm] de carrera; los cuales serán utilizados en las válvulas distribuidoras de las cabezas de noria. Contando 2 cilindros por válvula; mientras que suponemos una utilización futura de 4 cilindros neumáticos en la noria N°5.

Se procede a realizar el cálculo del caudal consumido por los mismos:

D	L	A	V [mm <sup>3</sup> ]	V [Lt]	C [Ls/s]
80	350	5026,54825	1759291,89	1,75929189	0,00586431
100	400	7853,98163	3141592,65	3,14159265	0,01047198
25	120	490,873852	58904,8623	0,05890486	0,00019635

*Tabla 50: Caudales de los actuadores*



Los mismos se obtuvieron contando con la actuación de un ciclo cada 10 [min].

Para el cálculo del caudal de las mangueras de soplete, utilizamos la siguiente formula:

$$Q = \frac{V [\pi (\frac{\phi}{1000})^2]}{4} 1000$$

Donde:

- V = velocidad del aire, la cual tomamos la máxima permitida por Norma API que es de 18,4 [m/s].
- $\phi$  = Diametro interior de la manguera.
- Q = Caudal en (L/s)

Quedando la tabla de la siguiente manera:

consumido r	cantida d	Caudal (L/s)	consumo/ cantidad	factor de uso	caudal total	Presión de trabajo
<b>Actuador 80x350</b>	6	0,00586431	0,035	0,95	0,0334265	8 bar
<b>Actuador 100x400</b>	5	0,01047198	0,052	0,95	0,0497419	8 bar
<b>Actuador 25x120</b>	12	0,00019635	0,002	0,95	0,0022384	8 bar
<b>Manguera 8 mm</b>	3	0,9	2,700	0,95	2,565	8 bar

*Tabla 51: Caudales totales*

En la misma se puede observar que se tomó como factor de uso del 95% y el factor de simultaneidad fue tomado del 100%; con un valor de presión de 8 [bar] que es la presión que se necesita en los pistones grandes.

Se tiene una suma de caudal de 2.65 [L/s], el cual se afectará con un valor de sobre diseño para posibles ampliaciones futuras, el cual se toma de un 40 %. A su vez, se afecta por un valor de fugas el cual se toma de un 20 %, con lo que se obtienen los siguientes valores:



<b>Dimensionamiento del compresor</b>	
Caudal total	2,65041
Sobre diseño en demanda	1,06016
Consideraciones de fuga	0,53008
Demanda tota (lt/s)	4,24065
Demanda total (m <sup>3</sup> /min)	0,25444
Demanda total (cfm)	8,9817

*Tabla 52: Caudales de diseño.*

Con estos valores de caudal necesarios, se selecciona el compresor adecuado para nuestro sistema neumático.

Debido a la fiabilidad por conocimiento de la marca KAESER y por la baja demanda de mantenimiento que se requiere en cierta máquina, se optó por la selección de un compresor de tornillo con accionamiento por correas de la serie SX 3T.

Para obtener más características del mismo ver sección anexos. (Ver Anexo 58).

### Selección del tanque pulmón

Para la selección del tanque pulmón, se debe tener en cuenta factores como el tiempo que se desea que el compresor permanezca en reposo, la demanda del mismo y las presiones de arranque y parada de seteo. Para ello se utiliza la siguiente formula, obtenida de CAGI (Compressed Air Gas Institute).

$$V = \frac{T C P_a}{P_1 - P_2}$$

Donde:

- V = volumen del recipiente [L].
- T = Tiempo de descarga [s].
- C = demanda del compresor [L/s].
- Pa = Presión atmosféricas.
- P1 = Presión de parada.
- P2 = Presión de arranque.

$$V = \frac{90[s] 4.24 \left[ \frac{L}{s} \right] 1 [bar]}{8 - 7}$$

$$V = 382[L]$$



Con este resultado se seleccionó un tanque pulmón de 500 [L]. Las características del mismo se pueden observar en la sección anexos. (Ver Anexo 59).

### Selección del secador:

Un secador de aire es un dispositivo diseñado para eliminar la humedad y el vapor de agua del aire comprimido generado por un compresor. Cuando el aire se comprime, su temperatura se eleva y el vapor de agua contenido en él se condensa en forma de líquido. Este exceso de humedad puede ser perjudicial para los equipos y los procesos que utilizan aire comprimido.

El secador de aire utiliza diferentes métodos para eliminar la humedad del aire comprimido. El método más común es el secado por refrigeración. En este proceso, el aire caliente y húmedo se enfría bruscamente, lo que provoca la condensación del vapor de agua. El agua condensada se recoge y se drena del sistema, mientras que el aire seco y fresco continúa su camino hacia las aplicaciones requeridas.

En nuestro caso el compresor que se selecciono, ya viene con la unidad de secado incorporado. El mismo se denomina ABT4 y tiene las siguientes características:

Modelo	Pot. absorbida secador refrigerativo	Punto de rocío	Agente refrigerante	Agente refrigerante Cantidad de llenado	Potencial efec. invernadero	Equivalente de CO <sub>2</sub>	Circuito hermético de frío
	kW	°C		kg		t	
ABT 4	0,18	+3	R134a	0,18	1430	0,3	sí

*Tabla 55: Características secador*

### Selección de la tubería:

Para realizar el calculo de al tuberías, lo primero que se debe hacer es determinar el recorrido de las cañerías que necesitamos en nuestro sistema. El cual se muestra en el siguiente esquema:

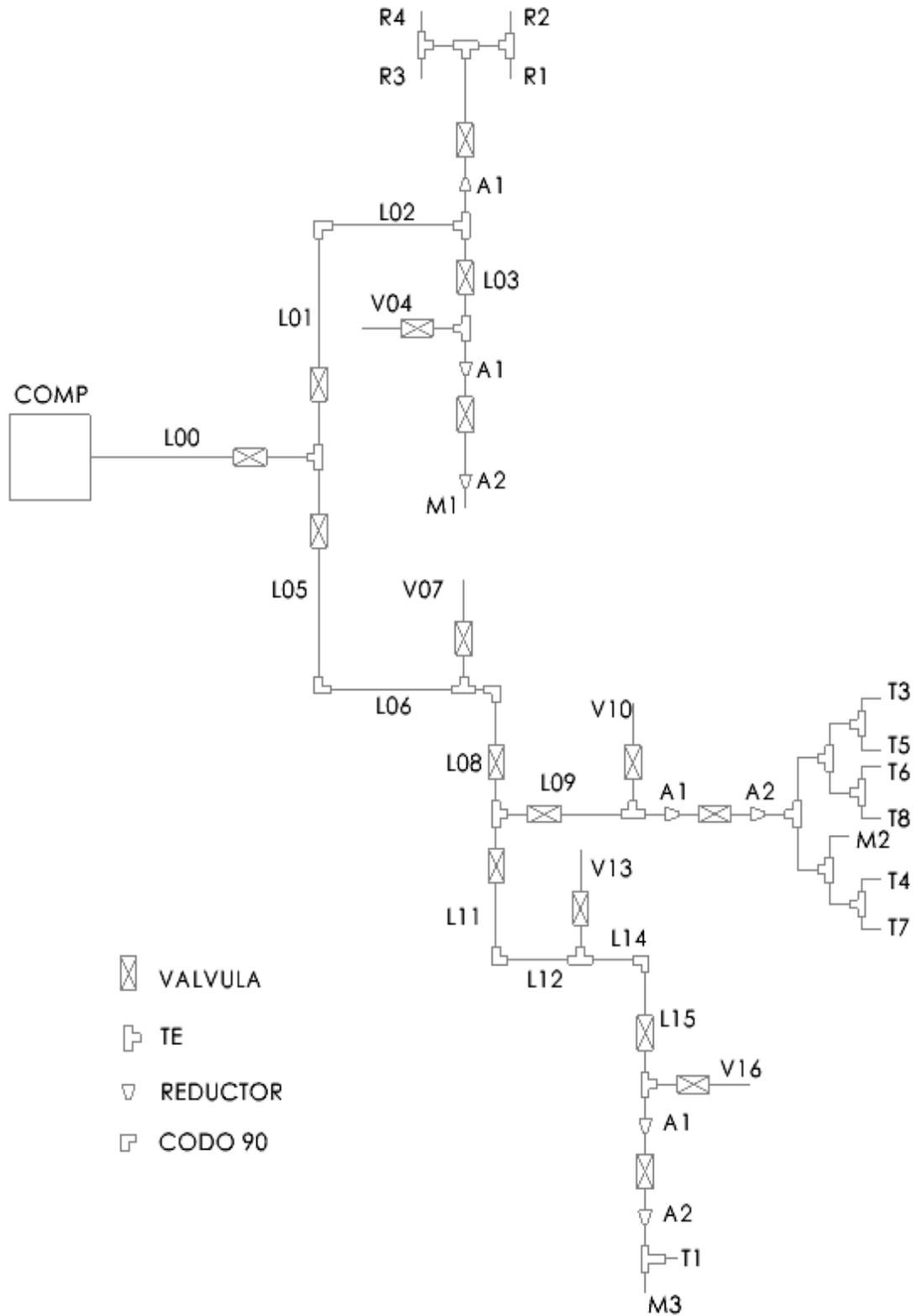


Ilustración 47: Esquema de tuberías.



Donde:

<b>Denominacion</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Cantidad</b>
L00	Caño galvanizado de 1"	3 [m]
L01	Caño galvanizado de 1"	7 [m]
L02	Caño galvanizado de 1"	15 [m]
L03	Caño galvanizado de 1"	2 [m]
L05	Caño galvanizado de 1"	12 [m]
L06	Caño galvanizado de 1"	11.4 [m]
L08	Caño galvanizado de 1"	8 [m]
L09	Caño galvanizado de 1"	3.5 [m]
L11	Caño galvanizado de 1"	12[m]
L12	Caño galvanizado de 1"	3.5 [m]
L14	Caño galvanizado de 1"	2 [m]
L15	Caño galvanizado de 1"	2 [m]
V04	Caño galvanizado vertical de 1/2"	25 [m]
V07	Caño galvanizado vertical de 1/2"	21 [m]
V10	Caño galvanizado vertical de 1/2"	21 [m]
V13	Caño galvanizado vertical de 1/2"	19 [m]
V16	Caño galvanizado vertical de 1/2"	8 [m]
M1	Manguera de 8 mm	25 [m]
M2	Manguera de 8 mm	25 [m]
M3	Manguera de 8 mm	25 [m]
A1	Reductor de 1" a 1/2"	4
A2	Reductor de 1/2" a 1/4"	3
R1	Alimentacion a rosca 1	5 [m]
R2	Alimentacion a rosca 2	5 [m]
R3	Alimentacion a rosca 3	5 [m]
R4	Alimentacion a rosca 4	5 [m]
T1	Alimentacion a tornillo 1	5 [m]
T3	Alimentacion a tornillo 3	5 [m]
T4	Alimentacion a tornillo 4	5 [m]
T5	Alimentacion a tornillo 5	5 [m]
T6	Alimentacion a tornillo 6	5 [m]
T7	Alimentacion a tornillo 7	5 [m]
T8	Alimentacion a tornillo 8	5 [m]

*Tabla 56: Elementos de la instalación*

Para el calculo de la longitud total de las cañerías, se sumaron todas las longitudes de las cañerías y se sumo las equivalentes de los accesorios.

Perdida de carga en accesorios (longitud equivalente)



	Long. Equivalente [m]	Cantidad	Long. Total, equivalente [m]
Te	2	8	16
Válvula de cierre	0,5	17	8,5
Codo 90°	1,8	5	9
Reducción 1"-1/2"	1	4	4
Reducción 1/2"-1/4"	1	3	3
			40,5

Tabla 57: Perdida de carga (longitud equivalente)

Lo que nos da una suma aproximada de 300 [m] de cañería.

Para el calculo del diametro de las tuberias se utilizo una calculadora brindada por la empresa TLV en la cual se colocaron los siguientes datos:

Grado de Tubería	ANSI Sch40	▼
Presión del Aire	8	barG ▼
Temperatura del Aire	25	°C ▼
Rango de Flujo de Aire (Real)	20	m³/h ▼
Rango de Flujo de Aire (Normal)	(2.7165)	Nm³/min ▼
Máxima Pérdida de Presión Permisible	1.5	bar ▼
Longitud de la Tubería [?]	300	m ▼

Tabla 58: características del sistema

Lo cual nos arrojo los siguientes valores:

Resultados		
Tamaño de Tubería	NPS1	
Diámetro Interno Tubería	26.6446	mm ▼
Velocidad del Aire	9.96367	m/s ▼
Caída de Presión	1.43906	bar ▼
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	300	m ▼

Tabla 59: Característica de la cañería



Por lo que se utilizó cañerías con las descripciones antes mencionadas. Y luego de las reducciones de  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{1}{4}$ " se colocaron conectores racord neumaticos recto de  $\frac{1}{4}$  x 8 mm.

Utilizando desde ese tramo en adelante manguera tecalan de 8 [mm].



## CAPÍTULO 11 ANÁLISIS ECONÓMICO

### Estudio de mercado<sup>35</sup>

El objetivo del mismo es estimar las ventas, o en este caso que se presta un servicio, la cantidad de potenciales clientes. Se debe evaluar la oferta que hay en el mercado, es decir un estudio de la competencia. De este análisis de oferta y demanda se definirá cuanto se oferte y a qué precio.

En este proyecto, dicho análisis fue realizado previamente por el dueño de la planta. De igual manera se realiza un estudio de la cantidad de granos producidos en la zona de emplazamiento.

### Arroz

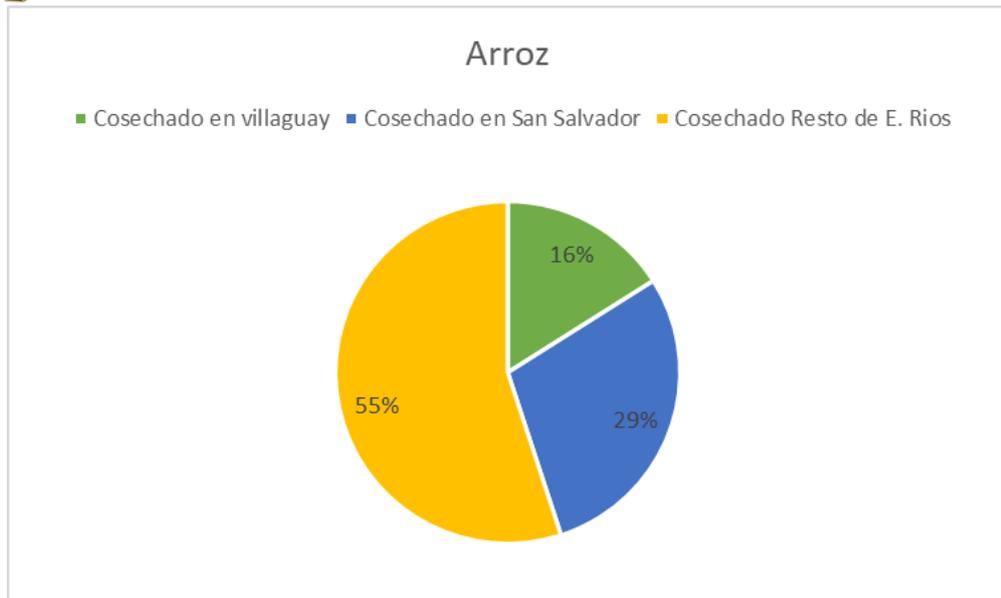
En la campaña 2022-2023 en Entre Ríos, se sembraron 48.454 hectáreas, con un rendimiento promedio de 8 toneladas por hectárea. De las que se estiman que el 29% fue sembrado en el departamento Villaguay, y 16% en el departamento San Salvador. Entre estos dos departamentos se alcanzaría una producción total de 174.434 toneladas de arroz en sus diferentes variedades.

Según información brindada por el dueño de la planta, el volumen de arroz (que llega a su planta), está compuesto por dos tipos de grano, Largo Fino y Largo Ancho. Se estima que la composición es 60% del tipo Largo Fino, que tiene un valor comercial de 430.000 \$/ton y el 40% restante del Largo Ancho, que tiene un valor comercial de 560.000 \$/ton.

---

<sup>35</sup> Datos recabados de:

Cámara arbitral de Cereales Rosario – Bolsa de Cereales de Entre Ríos – Ministerio de Economía de la República Argentina – Agrofyt News.

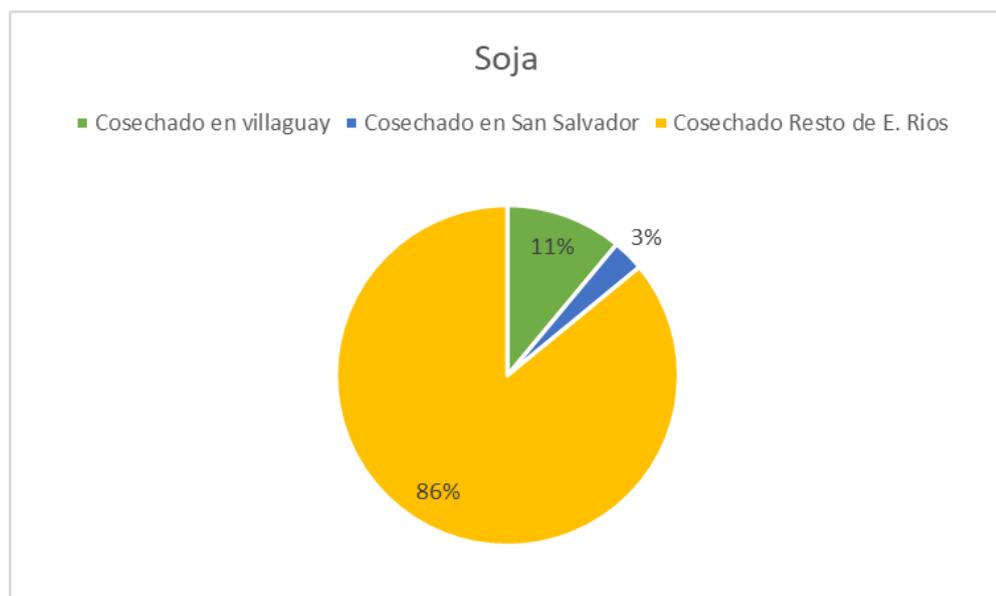


*Ilustración 42-Arroz sembrado en Entre Ríos.*

### Soja

En la campaña 2022-2023 en Entre Ríos, se sembraron 1.112.620 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2,4 toneladas por hectárea. De las que se estiman que el 11% fue sembrado en el departamento Villaguay, y 3% en el departamento San Salvador. Entre estos dos departamentos se alcanzaría una producción total de 373.839 toneladas de soja.

La soja tiene un valor comercial de 249.000 \$/ton.



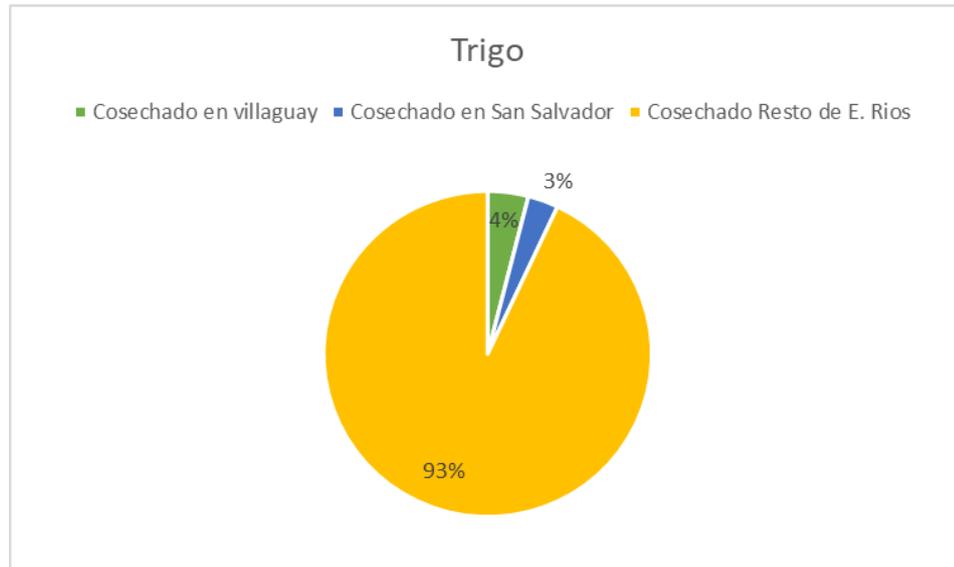
*Ilustración 43-Soja sembrada en Entre Ríos.*



## Trigo

En la campaña 2022-2023 en Entre Ríos, se sembraron 629.500 hectáreas, con un rendimiento promedio de 3,6 toneladas por hectárea. De las que se estiman que el 4 % fue sembrado en el departamento Villaguay, y 3% en el departamento San Salvador. Entre estos dos departamentos se alcanzaría una producción total de 158.634 toneladas de trigo.

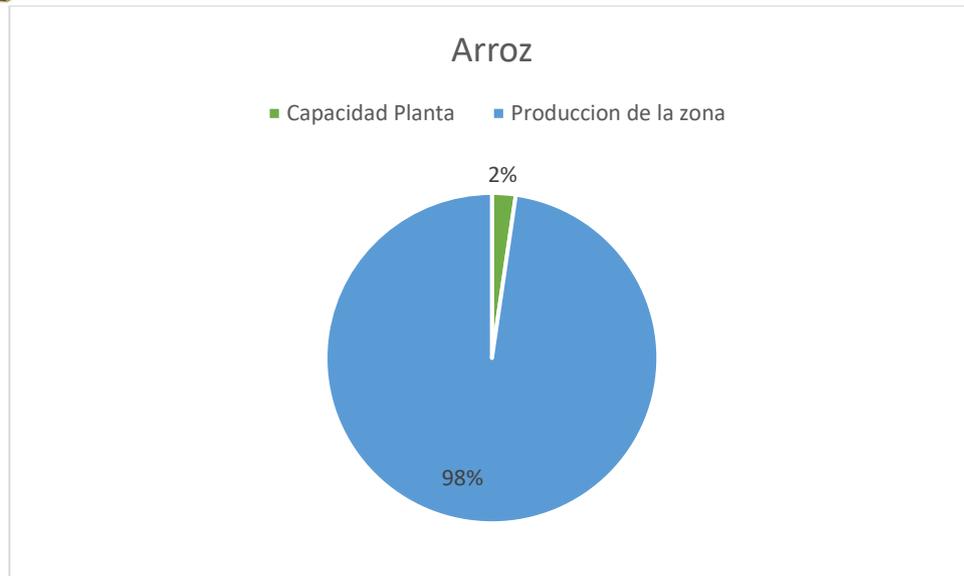
El trigo tiene un valor comercial de 170.000 \$/ton.



*Ilustración 44- Trigo sembrado en Entre Ríos.*

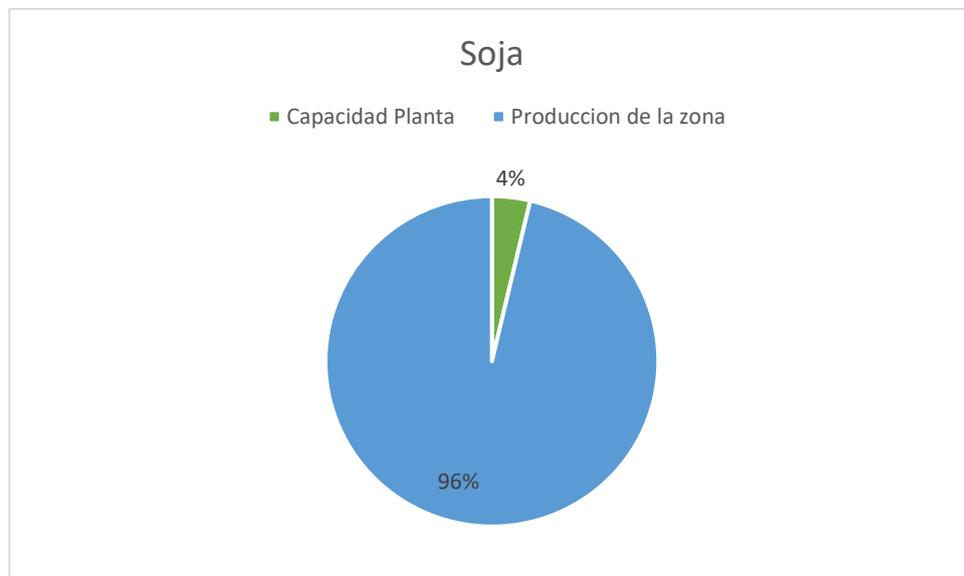
A continuación, en función de la capacidad máxima de procesamiento de la planta, se evalúa cual es la participación que se pretende tener en el mercado estudiado.

En el caso del arroz, la planta cuenta con una capacidad de procesamiento diario de alrededor de 80 toneladas, pudiendo alcanzar un volumen de procesamiento total de 4000 toneladas en el periodo de cosecha, que se estima son 50 días desde fines de febrero hasta mediados de abril.



*Ilustración 45-Capacidad de la planta para arroz Vs producción de la zona.*

En el caso de la soja, la planta cuenta con una capacidad de procesamiento diario de 300 toneladas, pudiendo alcanzar un volumen de procesamiento total de 13.500 toneladas en el periodo de cosecha, que se estima son 45 días, desde mediados de abril hasta fines de mayo.



*Ilustración 46-Capacidad de la planta para soja Vs producción de la zona.*

En el caso del trigo, la planta cuenta con una capacidad de procesamiento diario de 300 toneladas, pudiendo alcanzar un volumen de procesamiento total de 9000 toneladas en el periodo de cosecha, que se estima son 30 días, desde mediados de noviembre hasta mediados de diciembre.



*Ilustración 47-Capacidad de la planta para trigo Vs producción de la zona.*

Del análisis anterior podemos concluir que la planta cuenta con una capacidad de procesamiento de granos que representa porcentajes muy bajos de la producción total en la zona, por lo que se considera un escenario favorable.

### Determinación de las tarifas

En cuanto a las tarifas que se fijaran para los servicios prestados en la planta se tienen en cuenta los siguientes aspectos. Se consideran como competencia las plantas que se dedican exclusivamente al acondicionamiento, y los molinos arroceros de la zona, por lo cual la fijación de precios será en base a estos. No es necesario tener un costo más bajo que la competencia para ser competitivos, ya que la ventaja de la planta radica en su ubicación. La ubicación resulta el factor clave por encontrarse cerca de la producción del grano, esto simplifica la logística del transporte (complicaciones de encontrar transportes en época de cosecha) y disminuye sus costos. Otra ventaja fundamental es que los productores acondicionan sus granos y pueden llevarlo nuevamente a sus celdas de acopio particulares y gozar de las ventajas del mismo, vendiendo luego el grano a quien desee y al precio que le sea más favorable.

A continuación, se muestran los costos de los servicios prestados:



<b>Tarifa Soja y Trigo</b>		
Secado por punto	3400	\$/Por punto por tonelada
Mezcla	3400	\$/Por tonelada
Zaranda	3400	\$/Por tonelada
Aireación	3400	\$/Por tonelada
Acopio	170	\$/Por día /por tonelada

Para los costos de soja y trigo se utilizó como referencia los costos del puerto San Martín cereales S.A para la campaña 23/24; y para el arroz se utilizó como referencia el costo de recepción del grano en molinos arroceros, que es un 6,6% del valor del grano. (Agrofy Neww, 2023)

Se debe tener en cuenta que al entregar el arroz en un molino arrocerero el productor deja de disponer de este, se le cobra el porcentaje anterior, y al total del grano que lleva se le aplica la merma correspondiente al porcentaje de humedad y se le realizan los descuentos correspondientes por cantidad de material extraño y suciedad; el precio al cual se toma el grano es el fijado por el molino.

### Determinación de los costos de producción

Los principales recursos utilizados para la operación de la planta son la energía eléctrica, el gas licuado de petróleo (GLP), el personal y los impuestos, que se deben tener en cuenta debido a que representan un porcentaje importante de los ingresos.

Para la determinación de los costos de energía eléctrica se estiman las horas de funcionamiento de cada máquina por año (es acorde a la cantidad de grano que se procese), y en función al cuadro tarifario de ENERSA al momento de la evaluación del proyecto.

La energía consumida anualmente es 134.219 kW/h, lo que genera un costo anual de energía eléctrica de \$17.715.949.

Para determinar el costo en GLP, se determina las horas de funcionamiento de la secadora en función de las toneladas de cada grano que se sequen. Esto es debido a



que la temperatura de secado no es la misma para todos los granos, lo que hace que el consumo de GLP varíe.

El consumo total es de 59.020 Kg y el costo unitario es de \$866, sin contemplar el I.V.A. Por lo que el costo anual de GLP será \$47.615.811.

En cuanto a los sueldos del personal y cargas sociales se encuentran conformados de la siguiente manera, y los valores de los sueldos son obtenidos de URGARA, gremio de los trabajadores de este rubro y las cargas sociales de AFIP.

Se contemplan 4 empleados, dos de ellos trabajan a tiempo indeterminado, y dos son contratados por periodos de 3 meses. Esto genera un costo anual en empleados de \$40.702.500.

En cuanto a los impuestos, para la determinación exacta de los mismos primero se deben determinar los ingresos. Los dos impuestos que contemplaremos son el Impuesto a los Ingresos Brutos (3%), e Impuesto a Las Ganancias (25%).

### Determinación de ingresos por producción

Para poder determinar los ingresos por la prestación del servicio, primero se estima el volumen de granos a procesar, se detalla a continuación.

<b>Toneladas A Procesar</b>					
<b>Grano</b>	<b>Secado</b>	<b>Mezcla</b>	<b>Zaranda</b>	<b>Aireación</b>	<b>Acopio</b>
<b>Arroz</b>	3680	-	4000	2500	2500
<b>Soja</b>	9016	3864	14000	1000	1000
<b>Trigo</b>	5520	-	6000	-	-

En la siguiente tabla se muestran los ingresos generados por cada servicio prestado.

<b>Ingresos</b>	<b>Secado</b>	<b>Mezcla</b>	<b>Zaranda</b>	<b>Aireación</b>	<b>Acopio</b>
<b>Arroz</b>	\$127.769.600	-	\$13.600.000	\$8.500.000	\$63.750.000
<b>Soja</b>	\$61.308.300	\$13.137.600	\$47.600.000	\$3.400.000	\$25.000.000
<b>Trigo</b>	\$37.536.00	-	\$20.400.000	-	
<b>Subtotales</b>	\$226.614.400	\$13.137.600	\$81.600.000	\$11.900.000	\$89.250.000
				<b>Total</b>	\$422.502.000

*Tabla 63- Ingresos por producción.*

Los ingresos anuales por la prestación de servicio son \$ 422.502.000.



## Inversión Inicial

Para determinar la inversión inicial se deben conocer con exactitud los costos que conlleva la ejecución de la planta; para esta se tienen en cuenta los siguientes costos:

- Línea Aérea.
- Silos.
- Equipamientos y transportes.
- Instalación eléctrica.
- Automatización.
- Válvulas para descarga de silos.
- Válvulas de Canalización.
- Instalación de aire comprimido.
- Tuberías de descarga por gravedad.
- Movimiento de suelo.
- Riendas y anclajes.
- Varios.

En toda obra se debe considerar un monto de dinero por modificaciones al momento del montaje que pueden implicar mayores costos; además por variaciones de precio o pequeños desfases a la hora del cómputo de materiales. El ítem “Varios” cumple la función cubrir ante estas pequeñas modificaciones, y se consideró un 5% del valor total de la inversión.

<b>Inversión Inicial</b>	
<b>Silos</b>	\$ 285.415.216,00
<b>Equipamiento y transporte</b>	\$ 302.035.058,00
<b>Obra eléctrica</b>	\$ 97.821.467,35
<b>Válvulas canalización y descarga</b>	\$ 20.599.454,00
<b>Línea aérea de MT</b>	\$ 50.460.000,00
<b>Red Neumática</b>	\$ 12.873.832,72
<b>Termometría</b>	\$ 18.754.300,00
<b>Automatización</b>	\$ 22.000.000,00
<b>Movimiento de Suelo</b>	\$ 40.000.000,00
<b>Tubería de descarga</b>	\$ 21.025.000,00
<b>Riendas y anclajes</b>	\$ 10.000.000,00
<b>Varios</b>	\$ 43.549.216,40
<b>Total</b>	<b>\$ 924.533.544,47</b>

*Tabla 64- Inversión Inicial.*



Los ítems que se muestran en la tabla anterior son agrupamiento de costos de la misma familia, en la sección anexos se pueden ver los desgloses de cada uno de ellos.

A continuación, se muestra grafico con la composición de la inversión.

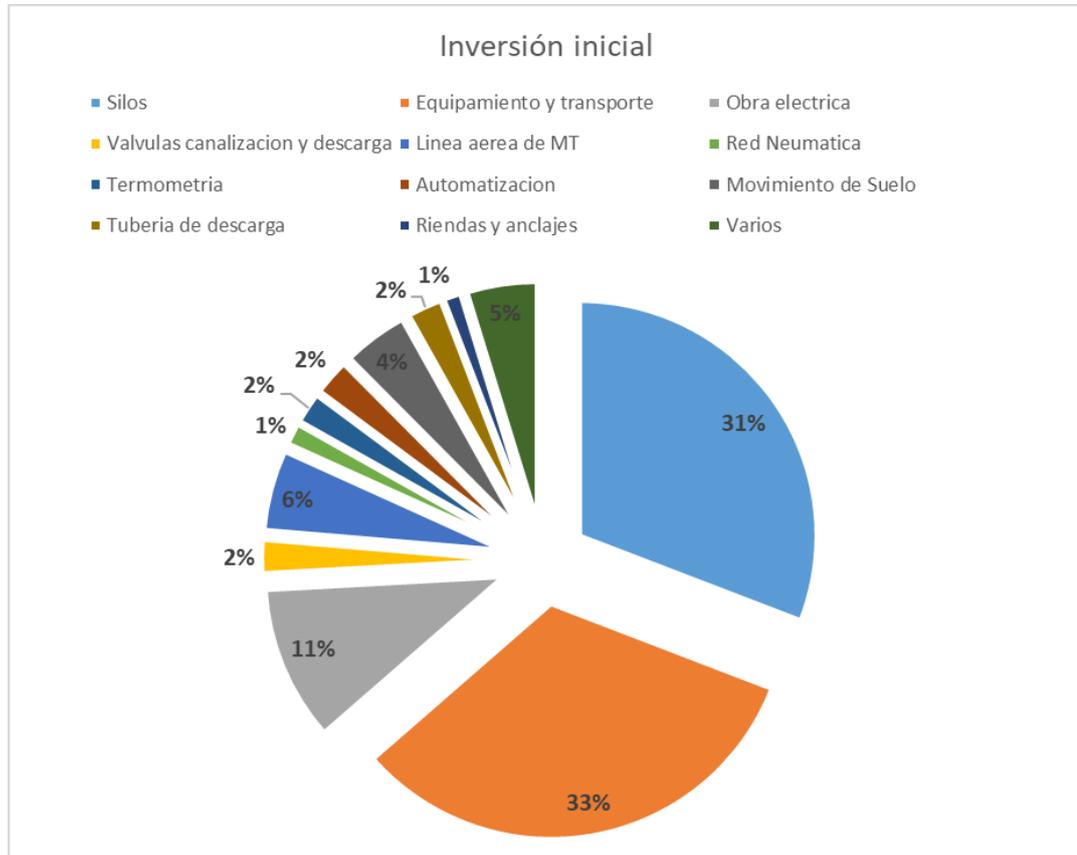


Ilustración 48- Composición inversión inicial.

### Evaluación Financiera

La evaluación financiera tiene como objetivo determinar si es conveniente o no la realización de un proyecto, comparando el rendimiento del mismo con el costo de capital necesario para llevarlo a cabo. Para evaluar el rendimiento de un proyecto se debe prescindir de la decisión de financiamiento.

El primer paso a realizar para la evaluación financiera es la obtención de un Flujo de Caja, este consiste en un cuadro en el cual se estudia el comportamiento de los ingresos y egresos en los periodos de realización del proyecto.



Periodo	Ingresos	Egresos	FC Neto
0		\$ 924.533.544,47	-\$ 924.533.544,47
1	\$ 422.502.000,00	\$ 197.826.255,54	\$ 224.675.744,46
2	\$ 1.267.506.000,00	\$ 593.478.766,63	\$ 674.027.233,37
3	\$ 3.802.518.000,00	\$ 1.780.436.299,88	\$ 2.022.081.700,12
4	\$ 11.407.554.000,00	\$ 5.341.308.899,63	\$ 6.066.245.100,37
5	\$ 34.222.662.000,00	\$ 16.825.123.033,83	\$ 17.397.538.966,17
6	\$ 102.667.986.000,00	\$ 48.071.780.096,66	\$ 54.596.205.903,34
7	\$ 308.003.958.000,00	\$ 144.215.340.289,98	\$ 163.788.617.710,02
8	\$ 924.011.874.000,00	\$ 432.646.020.869,94	\$ 491.365.853.130,07
9	\$ 2.772.035.622.000,00	\$ 1.297.938.062.609,81	\$ 1.474.097.559.390,19
10	\$ 8.316.106.866.000,00	\$ 4.088.504.897.220,89	\$ 4.227.601.968.779,11
11	\$ 24.948.320.598.000,00	\$ 11.681.442.563.488,30	\$ 13.266.878.034.511,70
12	\$ 74.844.961.794.000,00	\$ 35.044.327.690.464,80	\$ 39.800.634.103.535,20
13	\$ 224.534.885.382.000,00	\$ 105.132.983.071.394,00	\$ 119.401.902.310.606,00
14	\$ 673.604.656.146.000,00	\$ 315.398.949.214.183,00	\$ 358.205.706.931.817,00
15	\$ 2.020.813.968.438.000,00	\$ 946.196.847.642.548,00	\$ 1.074.617.120.795.450,00

*Tabla 65- Flujo de Caja.*

Para este proyecto no se tiene en cuenta ninguna variación en los ingresos y egresos producto de variaciones en la prestación del servicio, ya que se evalúa la planta al 100% de sus capacidades y no se prevén ampliaciones. Si se considera una variación en los egresos cada 5 años producto de costos de mantenimiento de la planta. Si se contemplan variaciones en el flujo de caja producto de la inflación, ya que, en un país como Argentina, es un aspecto que no se puede dejar de tener en cuenta, considerando que en el último año se tuvo una inflación del 211%. Para la evaluación de este proyecto utilizamos una inflación del 200% anual.

Una vez que se tiene determinado el flujo de caja, se pueden aplicar herramientas para determinar con certeza la rentabilidad del proyecto.

#### Payback o periodo de recupero.

Básicamente consiste en determinar en cuantos periodos la acumulación de los flujos de efectivo iguala la inversión inicial.

Periodo	Ingresos	Egresos	FC Neto Descontado
0		\$ 924.533.544,47	-\$ 924.533.544,47
1	\$ 422.502.000,00	\$ 197.826.255,54	-\$ 699.857.800,01
2	\$ 1.267.506.000,00	\$ 593.478.766,63	-\$ 25.830.566,64
3	\$ 3.802.518.000,00	\$ 1.780.436.299,88	\$ 1.996.251.133,48
4	\$ 11.407.554.000,00	\$ 5.341.308.899,63	\$ 8.062.496.233,86

*Tabla 66- Periodo de recupero.*



Como se puede observar, el periodo de recuperó de la inversión inicial, se da en el transcurso del tercer periodo. La desventaja de esta herramienta es que no contempla el valor tiempo del dinero, ni la rentabilidad

### Valor actual Neto.

El valor actual neto es la diferencia entre la suma de los futuros ingresos netos esperados (descontados una tasa  $k$ , que representa el costo de oportunidad) y la inversión inicial.

$$VAN = -inversión\ inicial + \frac{\sum Flujo\ de\ fondo}{(1 + k)^t}$$

Donde  $t$  es el periodo.

Periodo	FC Neto	FC Actualizado
0	-\$ 924.533.544,47	-\$ 924.533.544,47
1	\$ 224.675.744,46	\$ 78.557.952,61
2	\$ 674.027.233,37	\$ 82.403.446,79
3	\$ 2.022.081.700,12	\$ 86.437.181,95
4	\$ 6.066.245.100,37	\$ 90.668.372,67
5	\$ 17.397.538.966,17	\$ 90.919.628,44
6	\$ 54.596.205.903,34	\$ 99.762.256,60
7	\$ 163.788.617.710,02	\$ 104.645.723,70
8	\$ 491.365.853.130,07	\$ 109.768.241,65
9	\$ 1.474.097.559.390,19	\$ 115.141.512,22
10	\$ 4.227.601.968.779,11	\$ 115.460.586,75
11	\$ 13.266.878.034.511,70	\$ 126.690.010,51
12	\$ 39.800.634.103.535,20	\$ 132.891.619,41
13	\$ 119.401.902.310.606,00	\$ 139.396.803,58
14	\$ 358.205.706.931.817,00	\$ 146.220.423,34
15	\$ 1.074.617.120.795.450,00	\$ 153.378.066,44

Tabla 67- Flujos de Caja Neto y Actualizado.

Para este proyecto el valor obtenido es:

$$VAN = \$ 747.808.282$$

Un valor positivo del VAN nos indica, que, en el periodo de evaluación del proyecto, el mismo crea valor.

### Tasa interna de retorno.

Es la tasa que descuenta el valor de los flujos futuros igualándolos a la inversión inicial, en otras palabras, la tasa que hace que el VAN sea igual a cero. Se calcula por aproximación, con el uso de la siguiente ecuación.



$$Inversión\ inicial = \frac{\sum Flujos\ de\ fondos}{(1 - TIR)^t}$$

Donde t es el periodo.

Para este proyecto, el valor calculado es:

$$TIR = 207\%$$

Como vemos, el valor de la TIR es mayor que el valor de la tasa de descuento k utilizada, por lo que indica que el proyecto es más rentable que la oportunidad con la cual se comparó.

#### Conclusión.

Luego de aplicar las herramientas para evaluar la rentabilidad del proyecto, habiendo obtenido un VAN mayor a cero y una TIR mayor a la tasa de descuento k, concluimos que la realización del proyecto traerá beneficios al dueño de la planta.



## CAPÍTULO 12 CONCLUSIÓN

Para finalizar con la realización de este proyecto, abordamos esta conclusión analizando dos aspectos importantes, el primero de ellos es la parte de factibilidad a la hora de la implementación del mismo, y segundo el aprendizaje que nos deja la realización del proyecto.

Consideramos que la implementación del mismo en cuanto a la parte técnica es perfectamente aplicable; en cuanto a la parte económica la implementación traerá consigo importantes beneficios económicos, aunque el desembolso de dinero para la inversión inicial es muy elevado.

Por otra parte, concluimos que la realización de este proyecto nos permitió integrar gran parte de los conocimientos y competencias adquiridas a lo largo de la realización de la carrera Ingeniería Electromecánica; abriendo nuestros horizontes a nuevos campos de aplicación de la ingeniería, como lo es el sector de la poscosecha de granos.



## CAPÍTULO 13 BIBLIOGRAFÍA

- Agrofy Neww. (15 de Noviembre de 2023). Obtenido de <https://news.agrofy.com.ar/>
- Alejando, S. (Varios de 2022-2023-2024). Ingeniero Electrico. (L. A.-M. Damian., Entrevistador)
- Arntz Optibelt Group. (s.f.). Manual Tecnico. *Catalogo y procedimiento de calculo.*
- Atlas Copco. (2023). *Soluciones de Aire Comprimido y Gas.* Obtenido de <https://www.atlascopco.com/>
- Bega Helicoidales. (2023). *Bega Helicoidales.* Obtenido de <https://www.begahelicoidales.com>
- Benedini, R. (Febrero de 2022). Ingeniero Civil. (L. A.-M. Damian, Entrevistador)
- Bolsa de Comercio de Rosario. (15 de Noviembre de 2023). Obtenido de <https://www.cac.bcr.com.ar/es/precios-de-pizarra>
- Brandi, J. (. , & Carracedo, A. (. (2014). Macroeconomía y Economía de la empresa. *Apuntes de cátedra, UTN Rosario.* Rosario.
- Economia, M. d. (20 de abril de 2024). *Mercados Agropecuarios.* Obtenido de [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss\\_mercados\\_agropecuarios/areas/regionales/\\_archivos/000010\\_Precios%20Locales/000020\\_Arroz/000001\\_Precios%20de%20Arroz%20C%3%A1scara%20Internos.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000010_Precios%20Locales/000020_Arroz/000001_Precios%20de%20Arroz%20C%3%A1scara%20Internos.php)
- Electric, S. (s.f.). *Manual y catalogo del electricista.*
- Faires, V. M. (1970). *Diseño de Elementos de Máquinas.* Barcelona: Montaner y Simon S.A.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2013). *Manual de buenas prácticas en pos cosecha de granos: hacia el agregado de valor en origen .* Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Martins Prockets. (s.f.). *Catalogo Tecnico Seccion H.*
- Pesca, S. d. (2019). *Acopios y Almacenaes.*
- Revista Científica Avances. (2013). *Influencia de la temperatura del grano, durante el proceso de secado, en la calidad del arroz blanco.* Pinar del Río: CIGET .
- Rodriguez, N. (s.f.). *Secamiento del Arroz.* Bogota.
- Secretaria de Agricultura, G. y. (2023). *Sistema de informacion simplificada agricola.*
- SKF GROUP. (Enero de 2019). *Rodamientos.*
- TLV . (2023). *ToolBox .* Obtenido de <https://toolbox.tlv.com/>