

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SANTA FE**



**INFORME PROYECTO FINAL DE CARRERA
Mecanización de una planta de silos**

Profesores:

- Ing. Monti Rubén
- Ing. Benzi Sebastian
- Ing. Brunas Cristian

Alumnos:

- Alberto Juan
- Giubergia Francisco

Director de proyecto:

- Ing. Benzi Sebastián

Año: 2025

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por el apoyo incondicional a lo largo de estos años, acompañándonos durante todo el proceso de formación tanto personal como profesional.

A los compañeros de aula, con quienes hemos entablado una fuerte amistad durante el cursado, quienes también forman parte de este logro.

A la UTN-FRSF, por la formación brindada, ofreciendo las herramientas necesarias para nuestro futuro.

A Sebastián Benzi, director de este proyecto, por sus valiosos aportes durante el desarrollo del mismo.

RESUMEN

Este proyecto es el resultado de la investigación de distintos sistemas de transporte de granos existentes en la industria local e internacional, basado en el requerimiento de un productor agropecuario local.

A partir de este análisis, se selecciona la alternativa más adecuada que cumpla con los requerimientos de caudal y calidad de granos, sin dejar de lado el aspecto económico.

En el siguiente informe se detalla un transportador de granos mediante cadena de discos, que incluye un sistema de carga y descarga de cereal, haciendo hincapié en el diseño mecánico y la selección de los componentes adecuados para el correcto funcionamiento, considerando que se encuentra al aire libre, rodeado por partículas abrasivas, polvo, y distintas inclemencias climáticas.

ABSTRACT

This project is the outcome of a comprehensive investigation into various grain conveying systems employed in both local and international industries, conducted in response to the specific requirements of a local agricultural producer.

Based on this analysis, the most suitable alternative was selected to satisfy the flow rate and grain quality specifications, while also taking economic feasibility into consideration.

The present report describes the design of a grain conveyor utilizing a disc-chain transport system, incorporating both loading and unloading mechanisms. Particular emphasis is placed on the mechanical design process and the selection of components to ensure optimal system performance under outdoor operating conditions, characterized by the presence of abrasive particles, dust, and exposure to adverse weather.

ÍNDICE

1.1.	Producción mundial de granos	10
	Figura 1: evolución de la producción mundial de granos (2022)	10
	Figura 2: proyección de la producción mundial de granos (2020)	11
1.2.	Granos y cereales para uso alimenticio	11
	Figura 3: principales países exportadores de soja, maíz y trigo	12
1.3.	La producción agrícola en Argentina	12
1.3.1.	La producción en números	12
	Figura 4: producción de maíz por región (2023)	13
	Figura 5: producción de soja por región (2023)	13
	Figura 6: producción de trigo por región (2024)	14
1.4.	Los productores agrícolas	14
1.4.1.	Los productores agrícolas en Santa Fe	14
2.1.	Problemática	16
	Figura 7: instalación actual	16
	Figura 8: transporte de granos actual	16
2.2.	Lay Out	17
	Figura 9: layout (extraído de Google Maps)	17
2.3.	Objetivos específicos	18
2.4.	Requisitos legales y normativos	18
2.5.	Antecedentes	18
	Figura 10: Flowsheet descarga de cereales	19
	Figura 11: flowsheet carga de cereales	19
3.1.	Selección de concepto	20
3.1.1.	Plataforma de descarga/recepción de cereales	20
3.1.1.1.	Plataforma volcadora con tolva de recepción	20
	Figura 12: plataforma volcadora	21
3.1.1.2.	Fosa o pozo de descarga	21
	Figura 13: fosa de descarga	21
3.1.2.	Prelimpieza de granos	22
	Figura 14: chimango con chamiquero	22
3.1.3.	Transporte de granos	22
3.1.3.1.	Noria - Transporte mediante cangilones	23
	Figura 15: planta de silos con noria central	23
	Figura 16: cangilón de noria	23
	Figura 17: tensor de cinta de noria	24

Figura 18: distribuidor de descarga de noria.....	24
3.1.3.2. Transporte mediante cadena de discos	25
Figura 19: cadena de discos	26
Figura 20: cajas de reenvío de sistema de cadena de discos	26
3.1.3.3. Transporte por cadena tipo “Redler”	26
Figura 21: interior de transportador redler	27
3.1.3.4. Transporte por tornillo sinfín.....	27
Figura 22: planta de silos con transporte por tornillo sinfín	28
Tabla 1: Matriz Kano	28
3.1.4. Balanza Electrónica	29
Figura 23: balanza electrónica	29
3.2. Conclusión de la selección del concepto	30
Figura 24: planta completa.....	31
4.1. Sistema de recepción y prelimpieza de granos.....	31
Figura 25: recepción y prelimpieza de granos	31
4.1.1. Tolva de descarga	32
Figura 26: vista lateral e isométrica de la tolva	32
Tabla 2: densidades y ángulos de caída por grano	32
Figura 27: tolva de descarga (vista isométrica)	33
Figura 28: recubrimiento inferior de tolva de descarga	33
4.1.1.1. Rejillas	34
Figura 29: rejillas superiores de tolva de descarga	34
4.1.1.2. Simulación de tolva de descarga	34
Figura 30: estructura mallada.....	34
Figura 31: resultado de tensiones.....	35
Figura 32: resultado de deformaciones	35
4.1.2. Tornillo sinfín	36
Figura 33: tornillo sinfín con sistema de prelimpieza	36
Figura 34: hélices para tornillo sinfín.....	36
Tabla 3: coeficientes γ , α	37
Tabla 4: coeficientes A y B	38
Tabla 5: motores eléctricos Czerweny.....	38
Tabla 6: poleas de 4 canales para correa sección B (RP Poleas)	45
Figura 35: tornillo sinfín	45
Figura 36: disposición de motor y poleas del tornillo sinfín.....	46
Figura 37: tensor de motor de tornillo sinfín	46
4.1.2.1. Protección de tornillo sinfín	46

	Figura 38: protección de motor tornillo sinfín.....	47
4.1.3.	Sistema de pre limpieza	47
	Figura 39: tornillo sinfín	47
	Figura 40: sistema de pre limpieza	48
	Figura 41: zaranda para soja (vista parcial)	48
	Figura 42: depósito de suciedad.....	49
	Figura 43: curva de descarga	49
	Figura 44: transformación	50
	Figura 45: conducto de bajada de basura	50
4.2.	Sistema de transporte mediante cadena de discos	50
	Figura 46: sistema de transporte (vista isométrica).....	50
	Figura 47: disposición del sistema de transporte (vista lateral)	51
4.2.1.	Componentes comunes	51
4.2.1.1.	Transformación córner-caño y tolva-caño.....	51
	Figura 48: transformación	51
4.2.1.2.	Encausadores de descarga de grano.....	51
	Figura 49: encausadores de descarga	52
	Figura 50: soporte inferior de caño	52
	Figura 51: encausador + soporte + anclaje.....	52
4.2.2.	Cañería de transporte	53
4.2.2.1.	Cálculo del diámetro de la cañería – Determinación del diámetro de las ruedas dentadas..	53
	Tabla 7: dimensiones de ruedas dentadas para cadena CA550 (Engracor).....	53
	Tabla 8: catálogo de tubos y caños (Gramabi).....	55
4.2.3.	Columnas.....	55
4.2.3.1.	Geometría final adoptada	55
	Figura 52: columna	56
	Figura 53: guía de centrado superior + tapa	56
	Figura 54: columna para caño de descarga	57
4.2.3.2.	Anclaje de pasarelas	57
	Figura 55: anclaje de pasarela a columna	57
	Figura 56: montaje de anclaje en columna	58
4.2.4.	Escalera	58
	Figura 57: escalera + vista de disposición en planta	58
4.2.5.	Pasarelas.....	59
	Tabla 9: perfiles UPN (Gramabi)	59
	Figura 58: pasarela de 6 metros.	59
	Figura 59: estructura de perfiles pasarela de 6 m.	60

4.2.5.1.	Simulación de la estructura de la pasarela	60
	Figura 60: distribución de carga aplicada	60
	Figura 61: estructura mallada.....	61
	Figura 62: imagen tensiones.....	61
	Figura 63: imagen deformaciones	61
4.2.6.	Cadena de transporte + discos	62
4.2.6.1.	Cálculo y selección de la cadena	62
	Figura 64: cadena CA550 con aditamento F1	62
4.2.6.2.	Discos	62
	Figura 65: cadena + disco	63
4.2.7.	Compuerta de descarga a silo.....	63
	Figura 66: compuerta de descarga a silo.....	64
	Figura 67: sistema de movimiento de compuerta	64
	Figura 68: compuerta.....	65
	Figura 69: polea inferior.....	65
	Figura 70: poleas guías superiores.....	65
4.2.8.	Córners o Esquinas de reenvío	66
	Tabla 10: porta rodamientos UCF	66
	Figura 71: Vista isométrica córner estándar inferior	67
	Figura 72: Vista lateral córner estándar inferior.....	67
	Figura 73: Vista isométrica – soporte inferior córner estándar inferior.....	68
	Figura 74: Vista isométrica y vista lateral córner estándar superior.....	68
	Figura 75: Vista isométrica córner tensor	69
	Figura 76: Vista lateral córner tensor (rueda dentada en posición de máxima tensión)	69
	Figura 77: sistema de tensado.....	70
	Figura 78: varilla roscada y tuerca guía ACME.....	70
	Figura 79: Vista isométrica córner motor.....	71
	Figura 80: Vista lateral córner motor	71
	Figura 81: anclaje inferior córner motor	72
4.2.8.1.	Árboles.....	72
	Figura 82: árbol de córner estándar superior.....	72
	Figura 83: eje conducido	73
4.2.8.1.1.	Cálculo de los árboles + chavetas	73
	Árbol conducido + chaveta	73
	Figura 84: modelado de árbol conducido	73
	Figura 85: porta rodamiento UCF212H	76
	Árbol conductor + chaveta.....	77

	Figura 86: modelado del árbol conductor	77
4.3.	Sistema de transmisión	78
4.3.1.	Motor y reductor	78
	Figura 87: disposición de sistema de transmisión (accionamiento mediante motor eléctrico)	78
	Figura 88: disposición de sistema de transmisión (accionamiento mediante barra de mando)	79
4.3.2.	Eje de entrada al sistema	79
	Figura 89: eje de entrada al sistema	80
	Figura 90: zafe estriado	80
	Figura 91: rodamiento UCP 210 + soporte	80
4.3.3.	Protección de motor y reductor	81
	Figura 92: parte frontal de protección de motor y reductor	81
	Figura 93: parte trasera izquierda y derecha de protección de motor y reductor	81
	Figura 94: disposición en planta de protección de motor y reductor	82
4.3.4.	Cálculo del motor eléctrico	82
	Figura 95: dimensiones principales del sistema de transporte	82
	Figura 96: dimensiones principales sistema de transporte (planta ampliada)	83
	Figura 97: motor eléctrico WEG W22 25 HP	84
4.3.5.	Cálculo de la reducción	84
4.3.5.1.	Primera etapa: reducción por correas y poleas	84
4.3.5.2.	Segunda etapa: reductor de engranajes	85
	Tabla 10: factor de duración de funcionamiento f_s (reductor STM RPX)	86
	Tabla 11: número de arranques por hora f_v (reductor STM RPX)	86
	Tabla 12: criterio de selección o grado de fiabilidad f_{Ga} (reductor STM RPX)	86
	Tabla 13: factor correctivo de las prestaciones f_n (reductor STM RPX)	87
	Figura 98: reductor STM RPX800	88
	Tabla 14: características de los reductores STM RPX 802-804	88
	Tabla 15: selección de k según conexión del reductor	89
	Tabla 16: potencia térmica nominal	90
	Tabla 17: factor correctivo de la posición de montaje f_m	90
	Tabla 18: factor correctivo de la altitud f_a	90
	Tabla 19: factor correctivo del tiempo de trabajo f_d	90
	Tabla 20: factor correctivo de la temperatura ambiente f_p	90
	Tabla 21: factor correctivo de la aireación con ventilador ff	91
4.3.5.3.	Recálculo de la primera etapa	91
4.3.6.	Cálculo y selección de las correas	92
4.3.7.	Selección de las poleas	96
	Tabla 22: dimensiones de poleas para correas sección "C" y 3 canales (RP Poleas)	97

4.3.8.	Cálculo y selección de los acoplamientos	97
	Figura 99: características de acoples a cadena (Industry Store).....	98
	Tabla 23: dimensiones de acoples a cadena por modelo (Industry Store).....	98
4.3.9.	Árbol de entrada al sistema + chaveta	98
	Figura 100: modelado del árbol de entrada al sistema.....	101
	Tabla 24: costos	106
	Cálculo de las columnas	109
	Figura 101: peso propio (Se habilitó en el programa).....	118
	Figura 102: Carga Muerta.....	118
	Figura 103: Sobrecarga.....	118
	Figura 104: viento (se carga a todas las columnas por ser estructura abierta)	119
	Figura 105: Diagrama de Momentos E6.....	120
	Figura 106: Diagrama de Corte E6	120
	Figura 107: Diagrama de Esfuerzos Axiales E1	120
	Figura 108: Sección transversal adoptada para Columna Central Grupo IV.....	121
	Figura 109: Medidas indicadas de forma gráfic.....	122
	Tabla 25: medidas principales	122
	Tabla 26: Perfiles PNL comerciales Arcelor Mittal Acindar.....	123
	Tabla 27: Perfiles PNL comerciales Arcelor Mittal Acindar.....	126
	Tabla 28: chapas laminadas en caliente (Gramabi)	127
	Figura 110: disposición de varillas roscadas.....	129

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Producción mundial de granos

Dada la naturaleza de este proyecto, se investigará a uno de los mercados más importantes -sino el más importante- a nivel mundial: el mercado de granos y cereales.

Tanto los avances de la ciencia como la aparición de nuevas tecnologías produjeron un aumento casi exponencial de la población mundial, pasando de 2 mil millones de personas en 1927 a más de 8 mil millones en 2022. Para ello, fue (y continúa siendo) necesario aumentar año a año la producción de alimentos de forma global, tanto de carnes (pollo, vaca o res, cerdo, etc.) como de vegetales y granos.

Dado que la demanda crece de forma incipiente, los productores de cada país han perfeccionado sus técnicas y métodos para el manejo de los suelos en los que se sembrarán primero y cosecharán luego los cereales y oleaginosas, prolongando su vida útil mediante el añadido de tecnologías con resultados impactantes.

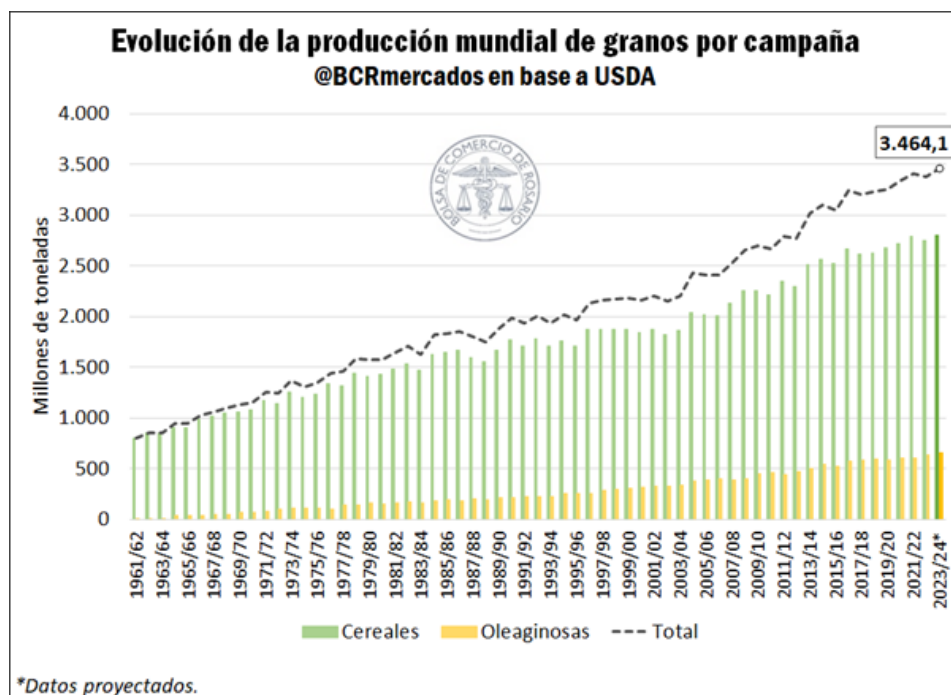


Figura 1: evolución de la producción mundial de granos (2022)

Según datos de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) del año 2024, la producción mundial de cereales fue cercana a 2850 millones de toneladas, con un ligero descenso respecto del año anterior, debido, en gran medida, a una reducción de la producción mundial de maíz, causada principalmente por sequías y reducción de la superficie sembrada por la aparición de insectos. Además, se estima que para el año 2028 dicha producción supere las 3000 toneladas. Por su parte, la producción de soja estuvo cercana a las 400 millones de toneladas en el año 2024, y se prevé que supere las 415 millones de toneladas en el 2025.

Campaña 2023/24: proyección de producción mundial de granos @BCRmercados en base a USDA					
	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24 (proyectado)	Variación i.a.
CEREALES					
MAÍZ	1.129,3	1.217,3	1.157,2	1.222,1	6%
TRIGO	773,4	780,0	789,7	783,0	-1%
SORGO	62,8	60,6	55,3	59,9	8%
CEBADA	161,5	145,3	151,5	143,6	-5%
OTROS CEREALES*	597,2	591,6	596,4	594,5	0%
TOTAL CEREALES	2.724,1	2.794,9	2.750,1	2.803,1	2%
OLEAGINOSAS					
SOJA	369,2	360,4	374,4	398,9	7%
COLZA	74,7	75,8	88,8	87,0	-2%
GIRASOL	48,8	56,9	52,4	56,8	8%
OTRAS OLEAGINOSAS**	117,3	118,6	117,9	118,3	0%
TOTAL OLEAGINOSAS	610,1	611,7	633,5	661,0	4%
TOTAL					
CEREALES Y OLEAGINOSAS	3.334,2	3.406,5	3.383,6	3.464,1	2%

Cifras expresadas en millones de toneladas.
* Incluye arroz, avena, centeno, granos mixtos y mijo. ** Incluye algodón, colza, copra, maní y palma.

Figura 2: proyección de la producción mundial de granos (2020)

Otro aspecto para destacar, relevante para este proyecto, tiene que ver con las reservas de cereales y oleaginosas a nivel mundial, siendo éstas cercanas a 870 millones de toneladas y a las 120 millones de toneladas, respectivamente. Este dato posee relevancia ya que indica que un gran porcentaje de la cosecha se almacena en silos y sistemas similares antes de que la materia prima sea procesada para la fabricación del producto final.

1.2. Granos y cereales para uso alimenticio

Dentro de los cereales más importantes en el mundo que pueden ser usados para alimentación o para uso alimenticio se pueden destacar:

- **Trigo:** es uno de los cereales más usados en el mundo, es parte integral de las dietas de muchos países, especialmente asiáticos y europeos. No sorprende, por eso, que se haya convertido en el segundo tipo de grano más producido del mundo, con un volumen de cosecha que se ha mantenido por encima de los 715 millones de toneladas durante los últimos diez años. El aumento de unos siete millones de hectáreas experimentado por la superficie dedicada al cultivo de este grano en las pasadas cinco campañas, sin duda, ha ayudado a mantener dicho nivel de producción.

Dentro de los mayores productores de este cereal se puede mencionar a China, seguido por la Unión Europea, India, Rusia

- **Soja:** es el producto agrícola con mayor crecimiento comercial en el mundo. Las necesidades de China e India, grandes consumidores del fruto de esta planta oleaginosa y sus derivados.

Dentro de los mayores productores de soja del mundo se encuentran Brasil, Estados Unidos, Argentina y China

El top 4 de los principales productores de soja a nivel mundial son:

1. Brasil: con una producción de 120,7 millones de toneladas en 2022.
2. Estados Unidos: con una producción de 116,4 millones de toneladas en 2022.
3. Argentina: con una producción de 43,9 millones de toneladas en 2022.
4. China: con una producción de 20,3 millones de toneladas en 2022.

Otros países que también son importantes productores de soja son Paraguay e India

- **Maíz:** En el mundo se produce y se consume cada año más de 1100 millones de toneladas de maíz. Es el cereal más cultivado del mundo tanto por su grano como por toda la planta. La alimentación animal

representa el 64 % del consumo mundial total de maíz, el uso industrial el 27 % y el uso para alimentación humana el 12 %. Estados Unidos, China y Brasil abarcan el 65% del mercado

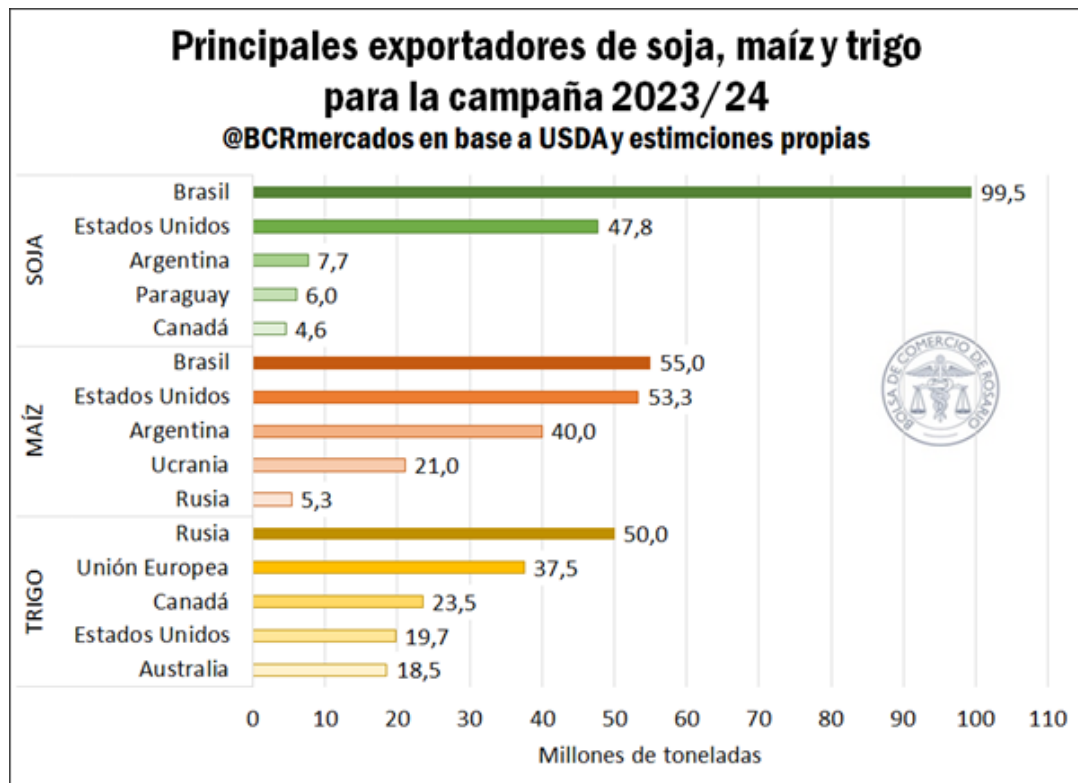


Figura 3: principales países exportadores de soja, maíz y trigo

1.3. La producción agrícola en Argentina

En Argentina, la producción se concentra en 3 granos principales: soja, maíz y trigo. Éstos representan la mayor parte de la superficie cultivada y de toneladas cosechadas. Dada su condición de “commodity” y su elevada demanda en el mercado internacional, son una de las mayores fuentes de ingreso de divisas por exportaciones a nivel nacional. Además, para comprender el impacto del sector agrícola en la economía, se debe considerar que el mismo representa cerca del 15,7% del PBI (dato del Banco Mundial, 2024).

Es importante aclarar que no solamente se exportan los granos “en crudo”, sino que existen empresas dedicadas a su procesamiento, mediante el cual se obtienen subproductos tales como harinas, aceites, biocombustibles, etc.

1.3.1. La producción en números

Dado que los rendimientos obtenidos por hectárea sembrada varían de acuerdo con el cultivo, existen discrepancias entre mayoría de hectáreas sembradas y mayor producción obtenida. Los datos arrojan que la soja lidera el primer grupo, seguida del maíz y por último el trigo, pero, en volumen de producción (en toneladas), el maíz es ampliamente superior a los demás granos.

- **Maíz:** la producción a nivel nacional fluctuó entre 34 y 60 millones de toneladas en los últimos 10 años, siendo ésta de 57 millones en la campaña 2023/2024. Como se puede observar en la siguiente figura, la producción más elevada se dio en la zona central del país. Por su parte, el área sembrada de este cereal, en hectáreas, se situó en 11 millones aproximadamente.

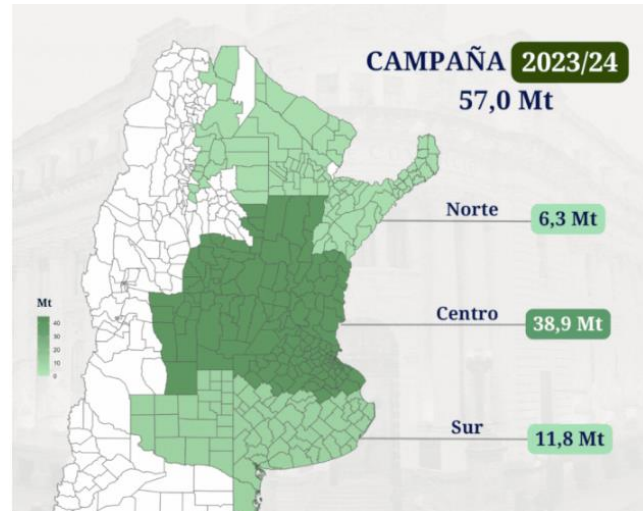


Figura 4: producción de maíz por región (2023)

- **Soja:** dentro de la campaña 2023/2024 se cosecharon 50 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada fue de 17,3 millones de hectáreas. Como se puede observar en la siguiente imagen, fue la región centro (al igual que con el maíz) la zona más contributiva respecto de la producción de soja, con un total de 38 millones de toneladas.

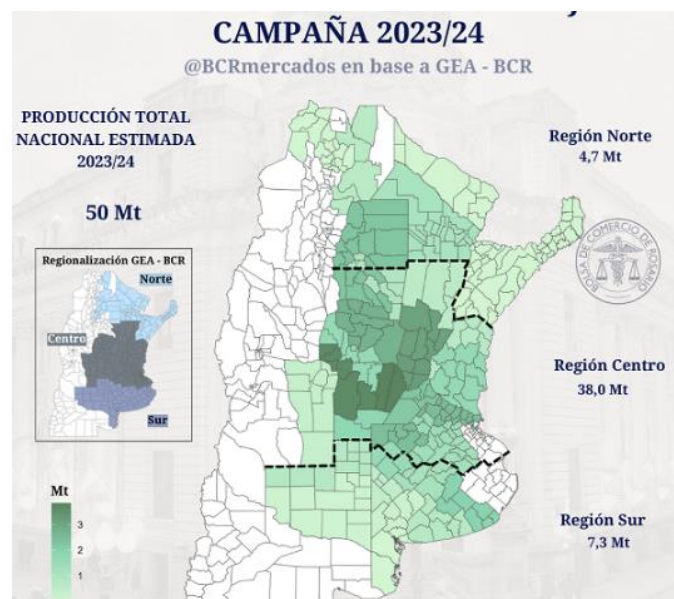


Figura 5: producción de soja por región (2023)

- **Trigo:** La producción de trigo en el país, correspondiente a la campaña 2023/2024 concluyó con una cosecha de 15,1 millones de toneladas en una superficie de 5,9 millones de hectáreas.



Figura 6: producción de trigo por región (2024)

1.4. Los productores agrícolas

Existen en Argentina más de 100.000 productores agrícolas, distribuidos entre las provincias del centro y noroeste del país. El abanico de producción es muy amplio, abarcando más de 30 tipos diferentes de granos, entre los que se destacan, por las razones mencionadas anteriormente, la soja, el trigo y el maíz. Otras especies sembradas en el territorio nacional son:

- Arroz
- Avena
- Cebada
- Centeno
- Garbanzo
- Girasol
- Lenteja
- Maní
- Mijo
- Poroto
- Sorgo

Debido a la fluctuación de los precios a nivel internacional, a la coyuntura político-económica del país y a las necesidades de cada productor, gran parte de la cosecha se almacena tanto en silos propios como en centros de acopio distribuidos a lo largo y ancho de las zonas agrícolas, generalmente ubicados de forma estratégica para facilitar el posterior transporte ya sea hacia las productoras de alimentos (de consumo humano o animal) o hacia los puertos, en donde serán cargados en barcos que se dirigen a todos los rincones del mundo.

Según datos de la bolsa de comercio de Rosario, “en total, se estima que la capacidad de almacenaje fijo comercial en la República Argentina asciende a 58.825.248 toneladas. Allí se ha sumado la capacidad de silos o estructuras fijas de todas las plantas de acopio, industrias y depósitos portuarios a lo largo de todo el país. También se han adicionado los depósitos transitorios anexos a dichas plantas.

1.4.1. Los productores agrícolas en Santa Fe

En la provincia de Santa Fe existen aproximadamente 20 mil productores agrícolas, que cubren un área de siembra cercana a las 2,5 millones de hectáreas. Dicha producción, una vez cosechada, se distribuye entre los

más de 880 establecimientos para acopio de cereales existentes, siendo así la segunda provincia más importante en cuanto al número de establecimientos en existencia. Sumando las capacidades de cada uno, ésta asciende a más de 19 millones de toneladas, aproximadamente $1/3$ de la capacidad de almacenaje fijo comercial del país.

Debido a todo esto, es esperable que la tecnología presente en estos establecimientos sea de vanguardia, y que se produzcan mejoras continuas para asegurar la calidad de los productos almacenados, evitando o disminuyendo al mínimo las pérdidas.

Como muchas veces se imposibilita el transporte de granos del campo al acopio por causas naturales, o se prefiere aguardar a una mejoría en el precio, una parte (o el total) de la producción se almacena en silos más pequeños, silo bolsas o celdas, que son propios de cada productor. Generalmente, los silos son de menor tamaño que los de los centros de acopio, por lo que es esperable que cuenten con menor tecnología para la carga y descarga de granos, dado que son una solución temporal antes de la venta del producto. Es por este motivo, como se verá a continuación, que surge la necesidad de mecanizar una planta existente de silos de un productor agrícola de la provincia.

2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.1. Problemática

Un productor agropecuario ubicado en Gessler, provincia de Santa Fe, plantea la necesidad de incorporar un sistema de carga y descarga de granos a los cuatro silos aéreos de 120 toneladas (cada uno) que tiene instalados, tal como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 7: instalación actual

Actualmente, la carga de granos la realiza con un chimango de 18 metros de largo, que se coloca en la tierra y es accionado por la toma de fuerza de un tractor.



Figura 8: transporte de granos actual

Este sistema de carga tiene como desventajas:

- Movimiento continuo del chimango.
- Arrastre de partículas no deseadas (tierra, piedras, pastos).
- Necesidad de contar con varios operarios para trasladar el tornillo sinfín.
- Imposibilidad de realizar limpieza y separación de los granos.

Por otro lado, la descarga de granos la realiza con un chimango de 10 metros, accionado por un motor eléctrico de 5 HP. En lugar de depositarlos directamente en el camión, los deposita en una tolva autodescargable para realizar el pesaje del cereal que va a ser trasladado hacia el acopio.

Las desventajas de este sistema de descarga son:

- No se retira cereal de dos silos a la vez, omitiendo así la posibilidad de mezclar granos con distintos porcentajes de humedad.
- Se necesita disponer de un tractor y una tolva autodescargable, que en tiempos de cosecha se dificulta por cuestiones de logística y falta de personal.
- Se necesita contar con varios operarios para trasladar el chimango.

2.2. Lay Out

En la imagen satelital obtenida de Google Maps se pueden observar solamente dos silos. Sin embargo, el comitente recientemente incorporó dos más y los colocó en la zona delimitada por el rectángulo rojo.



Figura 9: layout (extraído de Google Maps)

El área que se encuentra delimitada por el rectángulo verde se considera como “área de libre disponibilidad”. Esto significa que se puede realizar o añadir cualquier obra civil o estructura que se desee y/o sea necesaria.

Debido a esto, se dispone que el movimiento de camiones se realice dentro de dicho sector, buscando, como se comentó anteriormente, que tanto la carga como la descarga de los granos desde y hacia los silos sea lo más rápida y sencilla posible, reduciendo al mínimo la distancia a recorrer por los vehículos.

Los árboles se quitan para permitir la instalación de todas las estructuras, y para facilitar el tránsito de camiones y tractores.

2.3. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de transporte, carga y descarga de cereales desde un pulmón hacia los silos, y desde éstos hacia los camiones, teniendo en cuenta la instalación de silos ya existente.
- Calcular las tuberías, motores, reductores, ejes, cadenas y elementos de transporte necesarias para una mecanización total de la planta, buscando simplicidad tanto constructiva como operativa.
- Diseñar los sistemas de protección para las personas (barandas y sistemas de anclaje), considerando el trabajo en altura y la presencia de equipos y elementos giratorios/móviles.
- Diseñar y calcular un sistema de separación y limpieza de granos.
- Contemplar en el diseño futuras ampliaciones (agregado de silos).

2.4. Requisitos legales y normativos

Dado que el proyecto se desarrolla en un terreno privado de un productor agrícola (no de una planta de acopio), y considerando que los silos ya se encuentran instalados, no se aplican leyes o normativas nacionales y/o provinciales.

No obstante, a modo informativo, se puede comentar que rige a nivel nacional la Ley N° 19.076 (Ley de Silos), para interesados en adquirir terrenos del Estado Nacional con el objetivo de acopiar granos bajo la misma. Además, la provincia de Santa Fe posee una resolución, la Resolución Provincial 0177/2003, para asociaciones y entidades vinculadas a la actividad de almacenamiento, clasificación, acondicionamiento y conservación de granos.

Más allá de la normativa legal, sí se aplicarán las normas IRAM, ISO, ASME, DIN, entre otras, para el cálculo y selección de materiales y componentes. Éstas fueron estudiadas y aplicadas durante el cursado de la carrera, ya que son de suma importancia para la ingeniería mecánica, estableciendo un marco de referencia en común para el diseño.

Por su parte, se utiliza el reglamento CIRSOC para el cálculo de las columnas que soportan el peso de los caños, granos y las pasarelas elevadas.

2.5. Antecedentes

Existe gran cantidad de información disponible y fabricantes de sistemas de transporte de granos. Empresas nacionales como Isilar y Tamerfir fueron pioneras y cuentan con años de experiencia en la fabricación de norias, cintas transportadoras, silos.

Además, se realizan relevamientos en distintas plantas de almacenamiento de granos que existen en localidades aledañas, analizando las ventajas y desventajas de cada uno en cuanto a los sistemas presentes de carga y descarga de granos.

3. ANTEPROYECTO

El proceso del transporte de granos dentro de una planta tipo de acopio de granos se detalla a continuación:

La carga del cereal en los silos se realiza de la siguiente manera:

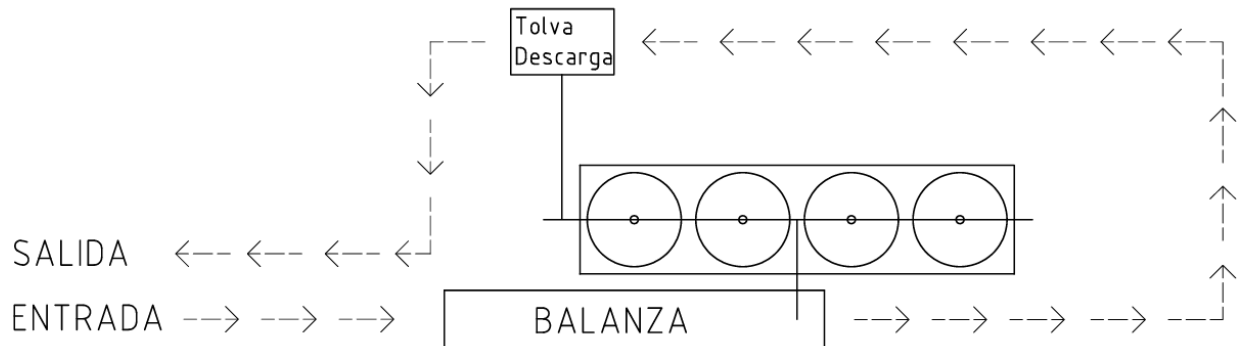


Figura 10: Flowsheet descarga de cereales

1. El cereal llega a la planta mediante tolvas o camiones (los cuales son pesados en la balanza), y es descargado mediante una plataforma elevadora o una fosa de descarga en un pulmón.
2. Desde el pulmón, se transporta el cereal hacia el silo correspondiente, en función del sistema de transporte a seleccionar. Vale la pena aclarar que se puede realizar una prelimpieza de los granos antes de ser depositados en los silos.

Por otro lado, la descarga de cereal se lleva a cabo de la siguiente forma:

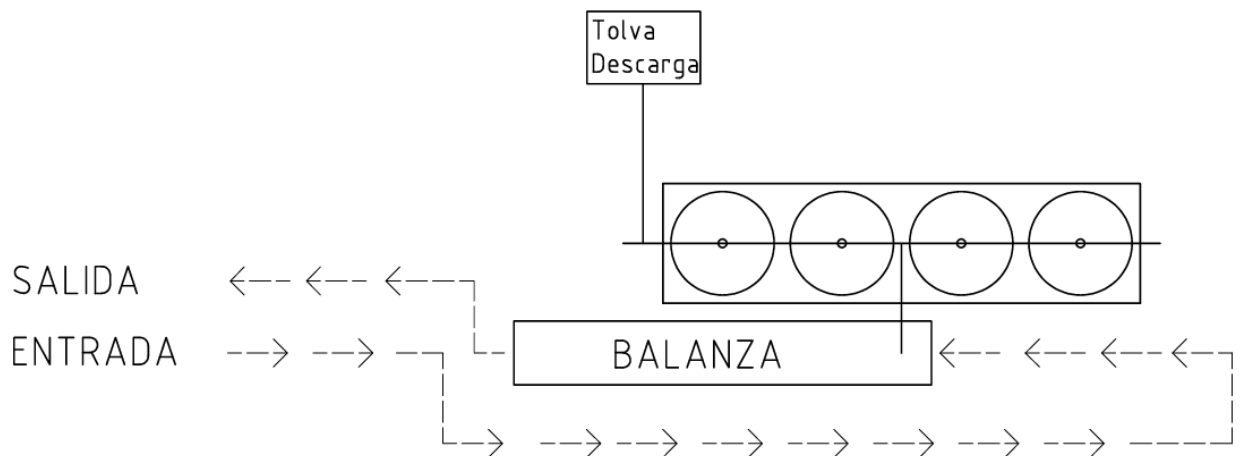


Figura 11: flowsheet carga de cereales

1. Se extrae el cereal de los silos, y, según el sistema de transporte, es conducido hacia el caño que descarga en los camiones. La carga de cereales sobre el camión puede realizarse estando el mismo sobre la balanza o no.
2. Se pesa el camión cargado con los cereales.

Otro de los movimientos que se pueden realizar en la instalación es el de "trasilar", que consiste en mover los granos de un silo a otro. Esto tiene como propósito:

- Evitar el calentamiento: Si los granos se almacenan con humedad, pueden empezar a calentarse y, en algunos casos, incluso auto encenderse. Trasilarlos ayuda a distribuir el calor y prevenir que se concentre en un área específica.

- Romper el núcleo de calentamiento: Si se identifica un área que está calentándose, trasladando los granos de esa área a otra se puede "romper" ese núcleo y evitar que el calentamiento se propague.
- Verificar la calidad: al trasladar los granos, se puede evaluar su estado y detectar cualquier problema, como humedad o plagas.

3.1. Selección de concepto

A continuación, se mencionan los equipos y/o sistemas existentes (o más utilizados) para cada etapa del proceso antes mencionado. Además, se realiza la selección de cada uno de ellos.

Para elegir cada componente, se debe tener en cuenta:

- Necesidades del comitente en cuanto a caudal de granos y velocidad de transporte
- Cuidado de los granos, para mantener y asegurar su calidad
- Aspectos económicos (costos)
- Disponibilidad en el mercado
- Facilidad de mantenimiento
- Ampliaciones futuras
- Espacio disponible
- Capacidad de elevación

3.1.1. Plataforma de descarga/recepción de cereales

Dado que las cosechadoras tienen una capacidad limitada de almacenamiento de granos, se utilizan tractores con tolvas autodescargables para el traspaso de los mismos. Para realizar esa descarga, ésta se coloca a la par de la cosechadora, y, mediante el tubo de descarga que posee la misma, se realiza el movimiento de los granos.

Una vez que el autodescargable está completo, deposita su carga en un camión o en una tolva cerealera, que va a transportar los granos desde el campo hacia la planta de acopio.

Para el pasaje de granos desde los acoplados o tolvas cerealeras hacia los silos, es necesario contar con un espacio de descarga que asegure que la totalidad de la producción sea almacenada de forma rápida y segura. Dicha instalación debe estar calculada y diseñada de forma tal que no sea un cuello de botella para el proceso, ya que, durante la cosecha, el movimiento de maquinaria es constante, y la producción no se debe detener debido a un mal diseño.

Dentro de las alternativas de descarga de cereal se pueden destacar:

3.1.1.1. Plataforma volcadora con tolva de recepción

Su funcionamiento se basa en inclinar un contenedor de carga como ser un chasis, acoplado o batea para provocar la descarga de todo su contenido por efecto de escurrimiento hacia la parte trasera de dicha plataforma.

Una bomba hidráulica presuriza un fluido (aceite hidráulico), que se transmite a través de válvulas y cilindros hidráulicos, los cuales a su vez mueven la plataforma para inclinarla y descargar la carga en una fosa que se encuentra por debajo del nivel del suelo.

Este sistema posee una serie de ventajas que hacen que hoy en día sea adoptado en la mayoría de las plantas de silos:

- Aumento de la capacidad de descarga.
- Soporta grandes volúmenes de trabajo.
- Minimiza el tiempo de descargas.

- Elimina el desperdicio de graneles.



Figura 12: plataforma volcadora

Esta configuración se adopta principalmente en lugares donde se reciben elevados números de camiones por día, por lo que quedará excluida para el desarrollo de este proyecto. Además, la inversión inicial que requiere este sistema es muy elevada y no se justifica para la planta del comitente.

3.1.1.2. Fosa o pozo de descarga

Al igual que el caso anterior, la fosa o pozo de descarga está conformada por una serie de rejillas en la parte superior, y una cavidad en forma de tolva en la parte inferior (por debajo del nivel del suelo), en la cual se descarga el producto por gravedad, proveniente de una tolva cerealera.

El sistema de transporte se coloca en el vértice inferior de la tolva, desde donde se distribuyen los granos hacia los silos.

Se trata de un sistema más simple que el anterior, prácticamente sin partes móviles (se reduce la necesidad de realizar un mantenimiento constante) y con bajo riesgo durante el trabajo (se eliminan las posibilidades de fallas de los cilindros hidráulicos, bomba de aceite, etc.).

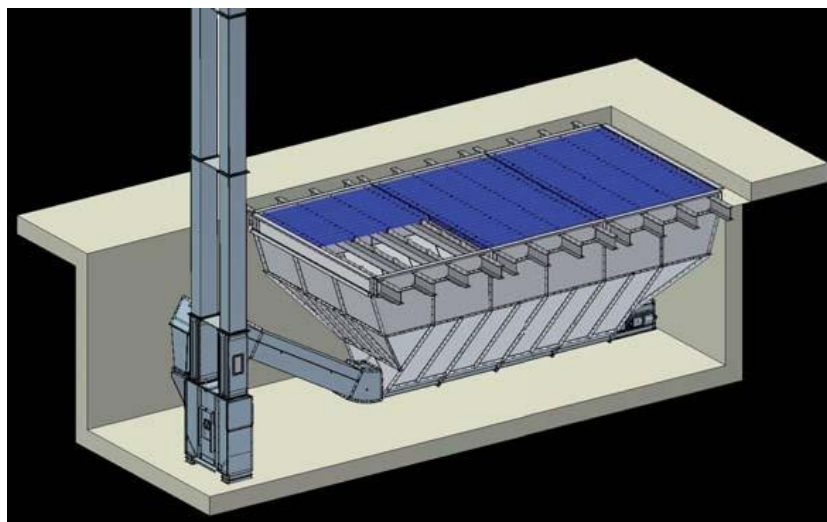


Figura 13: fosa de descarga

Dado que el comitente cuenta con tolvas de fondo cónico, se decide realizar una fosa de descarga de cereales, fabricada con perfiles metálicos y chapas, con forma rectangular-truncocónica. De esta forma, se reducen costos de obra civil y equipos adicionales, además de que es un sistema más seguro que la plataforma volcadora, ya que no hay cilindros ni estructuras metálicas que puedan fallar por desgaste o falta de mantenimiento.

3.1.2. Prelimpieza de granos

La máquina cosechadora, además de recolectar granos durante su funcionamiento, envía con ellos distintas impurezas, tales como: palos, semillas de yuyos, tierra, piedras y otros tipos de cuerpos no deseados.

Debido a esto, realizar la limpieza de los granos cumple un rol fundamental a la hora de su posterior conservación, dado que es en esa etapa donde se eliminan todas esas impurezas y demás elementos no deseados que pueden afectar a su calidad, además de que pueden dañar las instalaciones de transporte y acopio.

Por este motivo, colocar una máquina o sistema de limpieza de granos al comienzo de la etapa de transporte tiene importantes ventajas, por ejemplo:

- Se reduce la materia orgánica dentro de los silos, evitando el crecimiento de hongos y microorganismos que disminuyen la calidad de los granos y aumentan la velocidad de degradación.
- Se elimina la presencia de pasto y partículas que pueden generar focos de alta temperatura, lo que conlleva a incendios con pérdidas catastróficas.
- Se aumenta el espacio útil para almacenar granos, en detrimento de la presencia de impurezas.
- Se reduce o minimiza el desgaste del sistema de transporte, ya que, al no haber objetos de un tamaño y peso considerable, no se producen golpes o impactos que provocan dicho desgaste.

Dado que el espacio disponible es limitado, se decide utilizar un sistema de limpieza tipo "chamiquero", conformado por un caño perforado (con diferentes diámetros según el grano a procesar) concéntrico al tornillo sinfín. Un ventilador es el encargado de aspirar la suciedad y depositarla en un recipiente adecuado a tal fin.



Figura 14: chimango con chamiquero

3.1.3. Transporte de granos

Las alternativas disponibles para el transporte de granos, tanto para la carga como para la descarga, son las siguientes:

3.1.3.1. Noria - Transporte mediante cangilones

Un elevador de cangilones es un tipo de sistema de transporte vertical utilizado para transportar sólidos a granel de un nivel a otro.

Los cangilones se fijan a una correa o cadena que se desplaza continuamente en un circuito cerrado entre un punto de carga y un punto de descarga. A medida que la correa o cadena se mueve, los cangilones recogen el material en la parte inferior y lo elevan hasta la parte superior del elevador.

Una vez en la parte superior, los cangilones se vuelcan y descargan el material en el punto designado, llamado distribuidor.



Figura 15: planta de silos con noria central

Suele componerse de los siguientes elementos principales:

- Cangilones: Son los recipientes en forma de cubo o cazo que recogen y transportan el material a granel. Los cangilones están unidos a una correa o cadena y se disponen en una configuración regular a lo largo del elevador.



Figura 16: cangilón de noria

- Correa o cadena: Es el componente que conecta los cangilones y los transporta a lo largo del elevador. Puede ser una correa de goma resistente o una cadena de eslabones de acero. La elección entre correa y cadena depende de los requisitos de transporte y las características del material a granel.

- Estructura principal: Es la estructura metálica que soporta el elevador de cangilones y proporciona estabilidad. La estructura principal puede incluir columnas, vigas y soportes para mantener la integridad y la alineación adecuada del elevador.
- Tambor motriz: Es un tambor de gran diámetro que se encuentra en la parte inferior del elevador. La correa o cadena se enrolla alrededor del tambor motriz, que se acciona mediante un motor para proporcionar el movimiento necesario al sistema.
- Tambor tensor: Es otro tambor de menor diámetro que se encuentra en la parte superior del elevador. La correa o cadena se enrolla alrededor del tambor tensor, que ayuda a mantener la tensión adecuada en la correa o cadena y garantiza un funcionamiento suave y seguro.

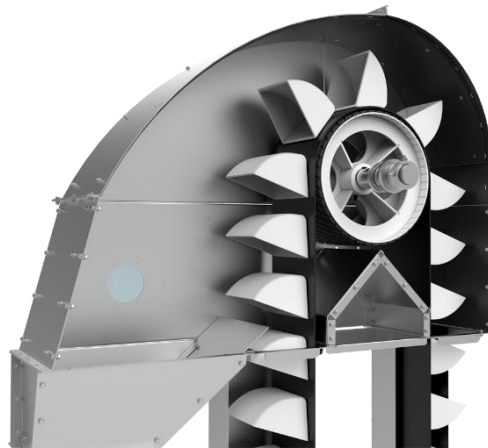


Figura 17: tensor de cinta de noria

- Dispositivo de carga: Es el punto de entrada del material a granel en el elevador. Puede consistir en una tolva o una entrada en forma de canal que permite que el material caiga dentro de los cangilones.
- Dispositivo de descarga: Es el punto de salida del material en la parte superior del elevador. Puede ser una plataforma de descarga o un conducto que dirige el material hacia su destino final.



Figura 18: distribuidor de descarga de noria

- Sistema de accionamiento: Incluye el motor, el reductor de velocidad y otros componentes necesarios para proporcionar el impulso y el control del movimiento del elevador.

Las ventajas y desventajas de este sistema de transporte de granos se detallan a continuación:

Ventajas:

- Eficiencia: tienen la capacidad para transportar grandes cantidades de material a granel de manera eficiente y segura, lo que resulta en una mayor productividad y rentabilidad en los procesos industriales
- No daña el grano: Posee una mayor versatilidad respecto a las capacidades y alturas a las que puede transportar el grano de forma eficiente.
- Variedad: Existen diversos modelos de acuerdo al material que se va a transportar. El tipo de material con el que se trabajará ya sea pegajoso, húmedo o seco, influye directamente en el material de fabricación del cangilón (plástico).
- Tienen un bajo costo de mantenimiento debido a su sencilla estructura y la facilidad para acceder a las partes móviles y componentes de la maquinaria.

Desventajas

- La capacidad de transporte de materiales húmedos es limitada, ya que estos pueden obstruir los cangilones y dificultar el transporte.
- El alto consumo de energía que requieren para su funcionamiento puede resultar en un incremento en los costos de producción.

3.1.3.2. Transporte mediante cadena de discos

Se trata de un método de transporte apto para todo tipo de alimentos, en forma de granos, harinas o pellets, que reduce al mínimo el daño causado a la materia prima durante el transporte.

Es un sistema que permite trayectos con curvas de 90° sin mayores pérdidas de rendimiento, facilitando así su instalación.

Posee gran versatilidad a la hora de seleccionar el diámetro de los discos, ya que es posible fabricarlos con las dimensiones y características necesarias.

Sin embargo, este sistema posee algunas desventajas:

- Velocidad de funcionamiento baja, por lo que la carga y descarga puede llevar mayor cantidad de tiempo.
- Necesidad de mantenimiento y control continuo, dado el desgaste de la cadena y los discos por la acción abrasiva de los granos. La tensión de la cadena debe controlarse periódicamente para evitar atascos y desajustes que hagan variar la calidad del transporte y del grano.
- Ante la necesidad de reparación de un disco o eslabón, la misma puede requerir el desarme de tramos de forma total.

Las partes principales son:

- Tubería de acero al carbono o acero galvanizado
- Tolvas de carga y descarga
- Cadena y discos



Figura 19: cadena de discos

- Unidades de giro de 90°: pueden ser pasivas (el giro se da con el propio movimiento de la cadena) o activas/motorizadas (conectadas a un motorreductor que facilita el giro de esta).



UNIDAD DE GIRO 90° (PASIVA)



UNIDAD DE GIRO 90° (MOTORIZADA)

Figura 20: cajas de reenvío de sistema de cadena de discos

- Compuertas de descarga: para que el material pueda ser depositado en los silos de manera eficiente y sin pérdida ni roturas.
- Unidad de tensión de cadena: por resorte, contrapeso o varilla roscada.

3.1.3.3. Transporte por cadena tipo “Redler”

Este sistema es útil para transporte de materiales a granel, cuyo movimiento sea horizontal o con una inclinación poco pronunciada.

La cadena está compuesta por eslabones de acero con planchuelas atornilladas. El movimiento lo provee un motorreductor.

- Para la estructura se utiliza acero galvanizado, lo que le otorga durabilidad y resistencia ante el desgaste y las condiciones climáticas
- Sistema eficaz, con mayor seguridad y comodidad en el manejo
- Bajo consumo de energía
- Mayor flexibilidad en la instalación (modularizada), lo que facilita el montaje sobre los silos.
- Fácil mantenimiento (engranajes bipartidos)
- El cuerpo cerrado evita la emisión de partículas, la contaminación del producto y del medio ambiente.



Figura 21: interior de transportador redler

3.1.3.4. Transporte por tornillo sinfín

El sistema de transportadores helicoidales consta de un tornillo sinfín encerrado en un tubo de sección circular, que gira gracias a un motorreductor, vinculado por correas y poleas.

Ventajas de este sistema:

- Económico para transportar materiales a granel.
- Eficiente para transporte en sentido horizontal y en pendientes de hasta 30 grados con respecto a la horizontal.

Principales desventajas al implementar transportadores helicoidales:

- A medida que la pendiente supera los 30 grados con respecto a la horizontal, los transportadores de tornillo pierden eficiencia de transporte y aumentan los requisitos de potencia y velocidad de giro. Se requieren cambios de diseño para transportar materiales a granel en pendientes con una inclinación mayor a 30 grados.
- Pueden transportar materiales a granel hasta 45 metros antes de experimentar problemas de potencia y par motor. Los requisitos de potencia son una función de la capacidad, la densidad aparente y la longitud del transportador. Se requieren más potencia a medida que aumenta la longitud del transportador.
- La rotación de la hélice puede causar abrasión o rotura de granos debido a la fricción entre ella y el material. Básicamente, la cuchilla del transportador corta el material transportado, arruinando su integridad, disminuyendo la calidad del producto y aumentando costos de mantenimiento y limpieza.



Figura 22: planta de silos con transporte por tornillo sinfín

Para la definición del sistema de transporte se utiliza una matriz QFD según el modelo Kano, que permite comparar las distintas alternativas según las características antes mencionadas.

Este modelo (Kano) relaciona las características del producto a evaluar (en este caso, el sistema de transporte) y el nivel de satisfacción que las mismas cumplen para los individuos involucrados en su uso y/o fabricación.

Item	Máx. relacionamiento del Item	Importancia relativa	Modelo Kano	Conceptos de producto					
				Necesidades del cliente/producto	Tornillo Sinfín	Cadena "Redliel"	Cadena a discos	Noria (cangilones)	
1	9	16	M	Caudal	⊖	⊖	⊖	⊖	
2	9	16	M	Capacidad de elevación	▲	▲	⊖	⊖	
3	9	9	E	Calidad/cuidado del grano	▲	⊖	⊖	⊖	
4	9	16	M	Costo/Beneficio	⊖	○	○	▲	
5	9	9	E	Facilidad de mantenimiento	○	⊖	○	○	
6	9	9	E	Disponibilidad en el mercado	⊖	○	○	⊖	
7	9	9	E	Ampliaciones Futuras	○	⊖	⊖	⊖	
8	9	16	M	Espacio disponible	⊖	⊖	⊖	▲	
9		0							
10		0							
Limite superior					4	5	5	5	0
Medio					2	2	3	1	0
Limite inferior					2	1	0	2	0
Máx. relacionamiento de la columna					9	9	9	9	
Peso de importancia					6	6	7	6	
Importancia relativa %					24	25	28	24	
Índice de actuación/ nivel de importancia					4	2	1	3	

Tabla 1: Matriz Kano

Luego de analizar los distintos sistemas de transporte existentes con la matriz QFD, se decide optar por el de cadena de discos.

Sin embargo, resta definir qué configuración es más adecuada para este tipo de instalación. Para ello, se analizan plantas existentes con configuraciones similares en cuanto a los silos (en línea), pero siempre considerando que

el comitente pueda agregar más en un futuro. Así, el objetivo es mantener la simplicidad del diseño y facilitar las modificaciones que deban realizarse a la hora de ejecutar dicha ampliación.

Por recomendación de un fabricante local de sistemas similares, se decide que al momento de realizar una ampliación sea respetando la misma configuración de silos que la actual, es decir, manteniéndolos en línea.

3.1.4. Balanza Electrónica

Una balanza electrónica es un dispositivo crucial para cualquier productor agropecuario, ya que permite medir de forma precisa el peso de los camiones y su carga.



Figura 23: balanza electrónica

Se componen principalmente de 5 piezas:

1. Plataforma de pesaje: es la estructura en la que se detiene el camión para ser pesado. Suelen ser de acero y hormigón.
2. Celdas de carga: son los dispositivos (sensores) electrónicos que permiten realizar el pesaje, convirtiendo la presión que ejerce el camión sobre las mismas en una señal eléctrica.
3. Indicadores digitales: son las pantallas que muestran el peso medido por la balanza. Generalmente están conectadas a un sistema de registro mediante el software de gestión.
4. Software de gestión: para almacenar los datos obtenidos por los indicadores digitales, realizar informes, etc.

Por su parte, la instalación de este tipo de balanza se puede dar de 2 formas:

1. Sobresuelo: montadas sobre una superficie nivelada por encima del nivel del suelo.
2. A nivel del suelo: la plataforma de pesaje queda a nivel del suelo.

La elección de este tipo de balanza, frente a las mecánicas, se debe a:

- Su elevada precisión durante la medición del peso, gracias al uso de sensores con tecnologías avanzadas. Esto evita sobrepesos en los camiones que pueden repercutir en multas por no cumplir la normativa vigente.
- Los datos quedan registrados, para un seguimiento constante de las cantidades descargadas de los silos.
- Se reducen los costos de mantenimiento debido a una menor presencia de partes mecánicas que puedan sufrir desgastes y/o roturas, lo que se traduce en una reducción de costos a futuro.

Para el pesaje de los camiones durante la carga, se instala una balanza electrónica situada estratégicamente en una zona amplia y cercana a los silos, que permita maniobrar el vehículo sin inconvenientes y que evite una descarga de gran longitud.

El desarrollo del proyecto sólo incluye la selección de la báscula, no así la obra civil necesaria para su instalación y correcto funcionamiento.

3.2. Conclusión de la selección del concepto

En la siguiente tabla se puede observar la selección de equipos con los cuales se realiza la mecanización de la planta de silos.

Equipo/Sistema		Configuración
Balanza		Electrónica
Sistema de descarga		Fosa/Pozo de descarga
Limpiadora de granos		En el tornillo sinfín (tipo "chamiquero")
Sistema de transporte	Tramo 1: Fosa - Limpiadora – Caño principal	Tornillo sinfín
	Tramo 2: Silo - Descarga	Cadena de discos

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

La siguiente imagen muestra la disposición de los componentes más importantes de la planta de silos, destacándose la tolva de descarga, el sistema de transporte y la balanza.

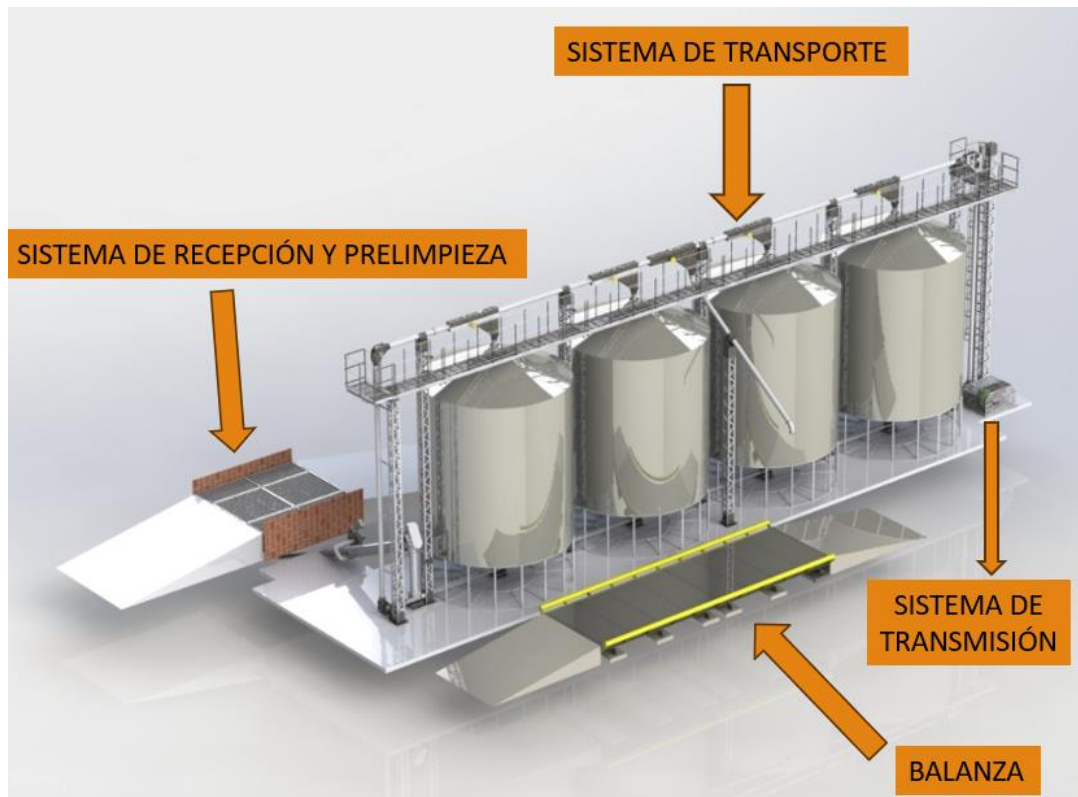


Figura 24: planta completa

Es importante destacar que cuando se menciona la palabra “chapa” en la descripción de dichos componentes, se refiere a que se utiliza chapa de acero al carbono (SAE 1010), cortada mediante láser o chorro de agua (según disponibilidad).

A continuación, se dimensionan y calculan los elementos de la planta.

4.1. Sistema de recepción y prelimpieza de granos

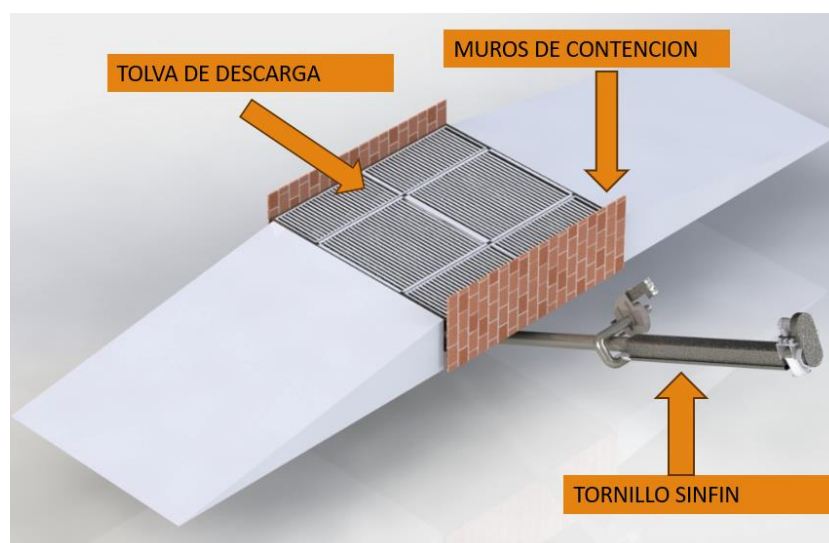


Figura 25: recepción y prelimpieza de granos

4.1.1. Tolva de descarga

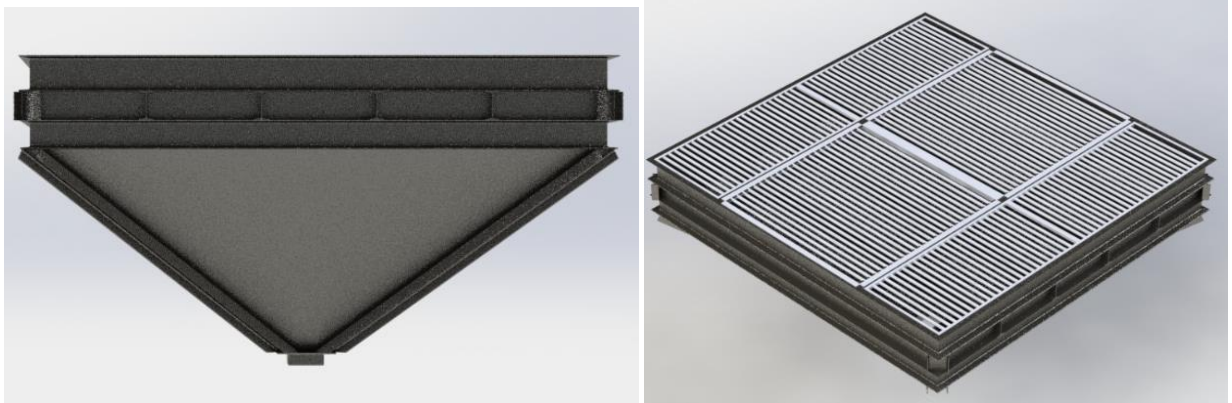


Figura 26: vista lateral e isométrica de la tolva

Para determinar las dimensiones de este componente es necesario definir 3 parámetros fundamentales: el ángulo de caída de los granos que se transportan, la densidad de estos y la capacidad, en toneladas, que desea el comitente. Así:

	Densidad (kg/m3)	Ángulo de caída
Soja	720 - 800	23° a 28°
Trigo	750 - 840	24° a 26°
Maíz	700 - 820	26° a 29°

Tabla 2: densidades y ángulos de caída por grano

Por lo tanto, para el cálculo se toma una densidad de 0,8 tn/h

La fosa posee una parte prismática (de sección cuadrada) y una tronco-piramidal en la zona inferior. Para determinar sus dimensiones, es preciso fijar los valores de una de las secciones, con el fin de facilitar el cálculo posterior.

$$V_{total} = V_{prismatica} + V_{troncopiramidal}$$

Donde:

$$V_{prismatica} = a * b * h$$

$$V_{troncopiramidal} = \left(\frac{1}{3} * h * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) \right)$$

- h: altura vertical del tronco
- a: ancho del prisma
- b: largo del prisma
- A1: área de la base mayor (superior)
- A2: área de la base menor (inferior)

Se decide que la sección superior sea de 4000 mm x 4000 mm, con una profundidad de 520 mm.

$$V_{prismatica} = 4 m * 4 m * 0,52 m = 8 m^3$$

Por otro lado, se busca que el ángulo de la zona piramidal sea de 35° respecto de la horizontal, para asegurar el ángulo de caída de los granos. Se puede fijar el lado del cuadrado inferior en 25 cm, por lo que quedan definidas.

$$A1 = 4 \text{ m} * 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,25 \text{ m} * 0,25 \text{ m} = 0,0625 \text{ m}^2$$

Se asigna un $H=1500 \text{ mm}$, por lo tanto:

$$V_{\text{truncopiramidal}} = \left(\frac{1}{3} * h * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2})\right)$$

$$V_{\text{truncopiramidal}} = \left(\frac{1}{3} * 1,5 \text{ m} * (16 \text{ m}^2 + 0,0625 \text{ m}^2 + \sqrt{16 * 0,4})\right) = 9,29 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 9,29 + 8 = 17,26 \text{ m}^3$$

El pulmón tiene una capacidad de:

$$m = v * \rho = 17,26 \text{ m}^3 * 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 12082 \text{ kg}$$

Esta estructura está formada por perfiles UPN de 200x25 en sus contornos y en la parte que se transita se colocaran dos perfiles IPN 250x38. A su vez, estos apoyan en la parte central sobre cuatro perfiles IPN 200x27. Todos estos perfiles son unidos mediante soldadura.

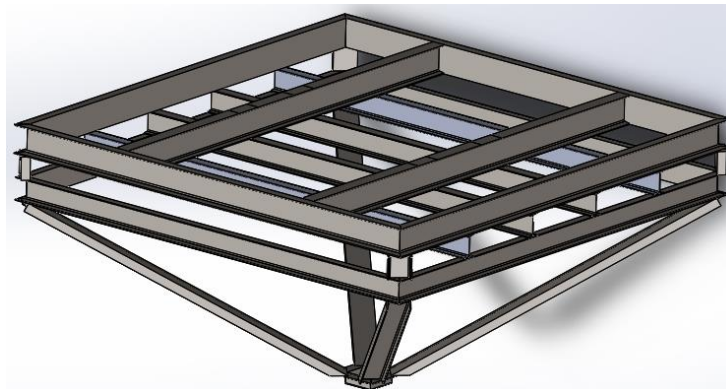


Figura 27: tolva de descarga (vista isométrica)

Para permitir que el grano quede almacenado dentro de la tolva, se recubre la estructura con chapa de espesor 4,76 mm (3/16").

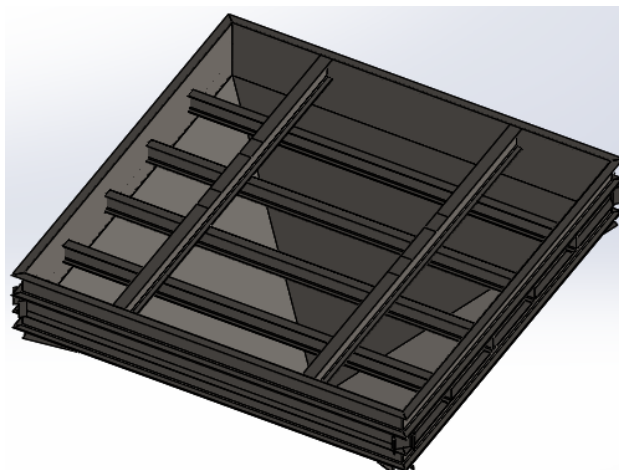


Figura 28: recubrimiento inferior de tolva de descarga

4.1.1.1. Rejillas

En la parte superior se colocan 6 rejillas que permitan el escurrimiento del cereal. La misma es una estructura rectangular formada por perfiles L y en la parte central se colocan caños circulares de diámetro 33,7 mm y espesor 3,2 mm.

Al estar formada por perfiles tipo L, estos permiten que encastre perfectamente con los perfiles IPN de la tolva. Por lo tanto, las rejillas son fáciles de retirar, en caso de que haya que ingresar al interior de la tolva.

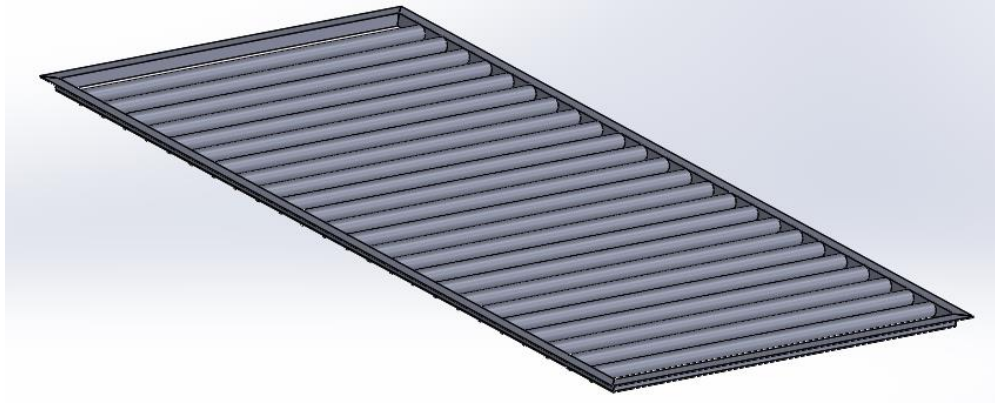
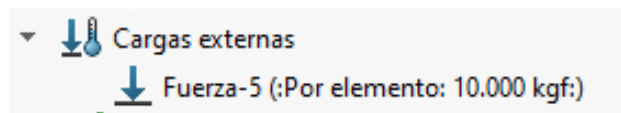


Figura 29: rejillas superiores de tolva de descarga

4.1.1.2. Simulación de tolva de descarga

Se realiza una simulación de la tolva de descarga utilizando Solidworks, para verificar si la estructura que se plantea se encuentra correctamente dimensionada. Es importante considerar que se toma la condición más desfavorable: cuando el acoplado del camión tiene sus dos ejes traseros sobre la tolva.

- Carga aplicada: 10000 kg (por apoyo).
- Material: acero A36



- Mallado de la estructura + carga aplicada:

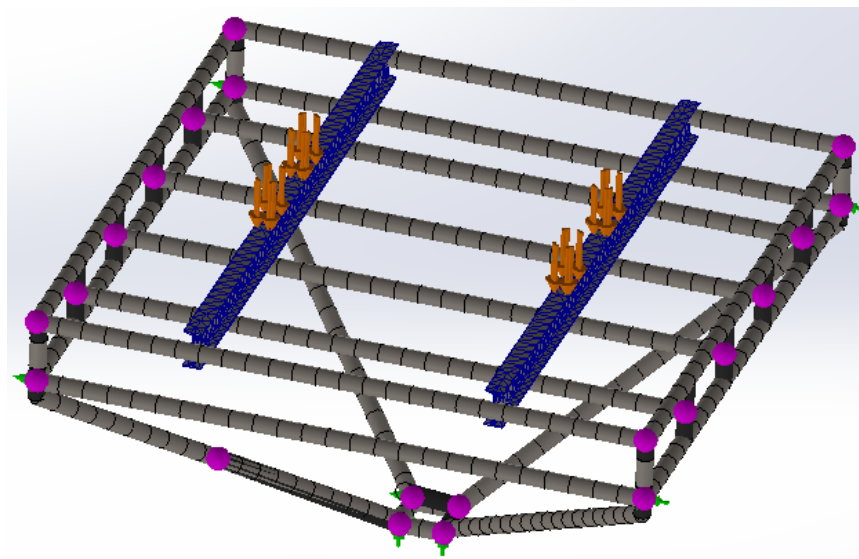


Figura 30: estructura mallada

Una vez definido el mallado, se procede a realizar la simulación. De esta forma, los resultados son los siguientes:

- Tensiones

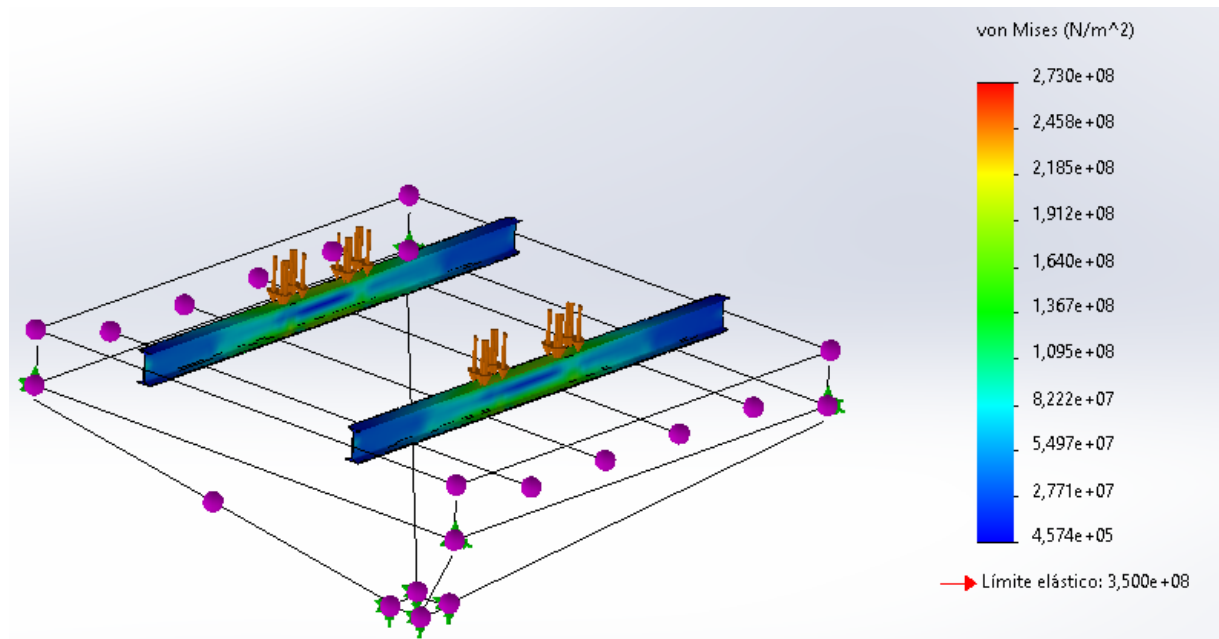


Figura 31: resultado de tensiones

- Deformaciones

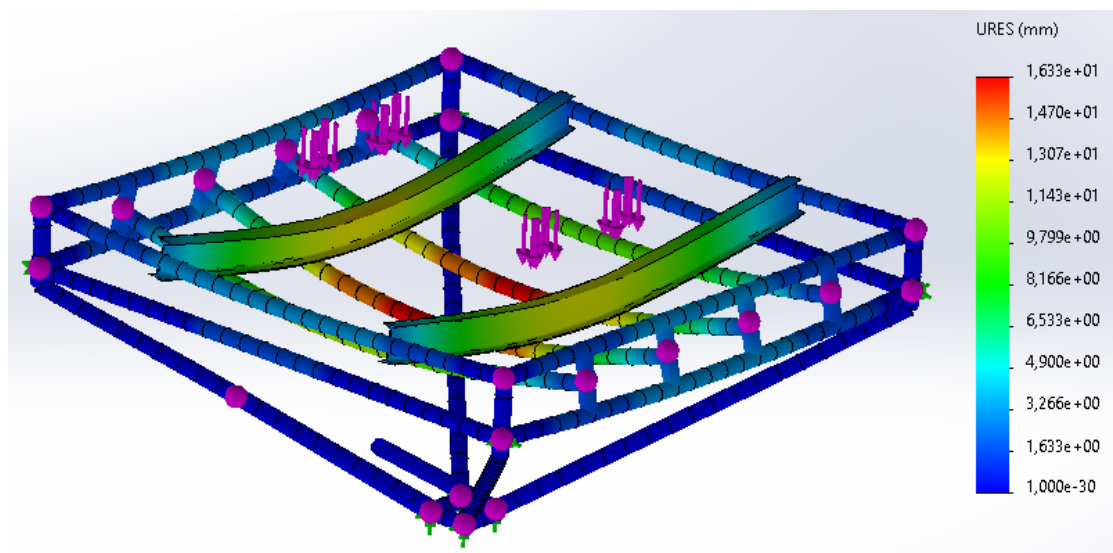


Figura 32: resultado de deformaciones

Así, es posible concluir que la estructura planteada se encuentra dimensionada de forma correcta, ya que las tensiones máximas son menores a las admisibles, y las deformaciones son aceptables para la condición de carga aplicada.

4.1.2. Tornillo sinfín

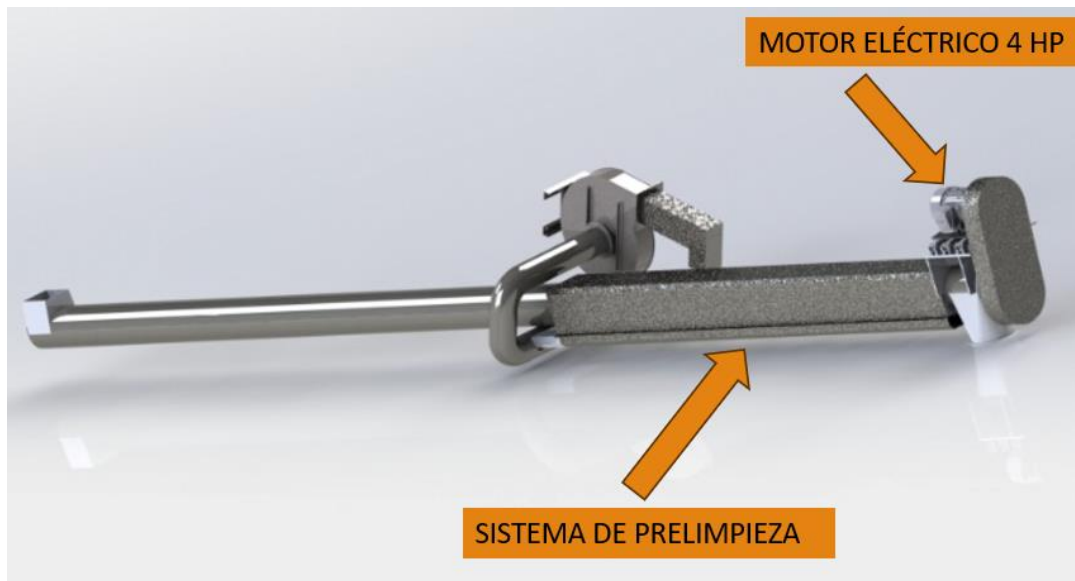


Figura 33: tornillo sinfín con sistema de prelimpieza

Se dimensiona el tornillo sinfín teniendo en cuenta el caudal y el tipo de material que transporta el sistema. Para ello, se utiliza el libro “Transporti Meccanici Vol I - Vittorio Zignoli”.

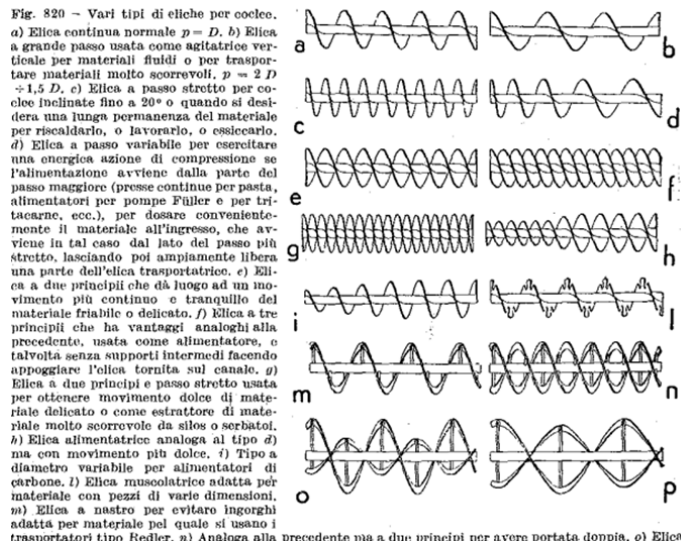


Figura 34: hélices para tornillo sinfin

Para el movimiento de granos, el tipo de hélice más adecuada es la de tipo A, en la cual el paso es igual al diámetro.

Teniendo el caudal como dato, se procede a calcular el diámetro del tornillo sin fin:

$$Q = 47 * \alpha * \gamma * D^2 * p * n$$

Se debe tener en cuenta que se tiene una inclinación de 20°, por eso, se estima que el rendimiento del tornillo sin fin será del 70%, por lo tanto:

El caudal que teóricamente se debe transportar es:

- $Q_t = 41 \text{ tn/h}$

$$Q = 1,3 * Q_t$$

$$Q = 53,40 \text{ tn/h}$$

Para el cálculo del diámetro del tornillo sinfín se tienen los siguientes datos:

Coefficientes γ, α

Classi - Materiali - Coefficienti α e β

Classe I: Materiali in polvere, non abrasivi facilmente scorrevoli peso specifico $\gamma = 0,4 \div 0,6 \text{ t/m}^3$ riempimento $\alpha = 0,4$			Classe II: Materiali scorrevoli non abrasivi in grani e piccoli pezzi con polvere. Peso specifico $\gamma = 0,6 \div 0,8 \text{ t/m}^3$ riempimento $\alpha = 0,3$			Classe III: Materiali semiabrasivi in pezzi mescolati a polvere (non molto consigliabili). Peso specifico $\gamma = 0,9-1,2 \text{ t/m}^3$ riempimento $\alpha = 0,25$		
Materiale	γ t/m ³	Coeff. B	Materiale	γ t/m ³	Coeff. B	Materiale	γ t/m ³	Coeff. B
Calce in polvere aerata idrata	0,70	1,2	Allume polvere	0,8	1,2	Allume in grani	0,96	2,8
Carbone polvere	0,60	1,2	Calce idrata	0,3	1,6	Asbesto in grani	0,40	2,0
Crusca	0,25	0,8	Carbone pisello	0,75	1,8	Borace in grani	0,85	1,4
Farina di frumento ..	0,65	0,8	Grafite grani	0,60	0,8	Burro	0,95	0,8
" di lino	0,70	1,2	Grani di cacao	0,65	0,8	Carbone nocetta	0,80	2,0
e simili			" caffè	0,68	0,8	Gesso calcinato grani .	0,98	2,4
Orzo in grani	0,60	0,8	" cotone	0,80	1,2	Lignite in grani	0,80	2,0
			" fave	0,80	1,0	Lardo	0,95	0,8
			" frumento	0,65	1,0	Orzo tallito	0,95	1,2
			" soia	0,80	1,0			

Tabla 3: coeficientes γ, α

Datos:

- $Q=53,40 \text{ tn/h}$
- $n=180 \text{ rpm}$
- $\gamma=0,8 \text{ t/m}^3$
- $\alpha=0,3$
- $L=8,55 \text{ m}$

$$Q = 47 * \alpha * \gamma * D^2 * p * n$$

$$D^2 * p = \frac{Q}{47 * \alpha * \gamma * n}$$

Como se tiene un tornillo sinfín del tipo A, el diámetro es igual al paso.

$$D = \sqrt[3]{\frac{53,4 \frac{\text{tn}}{\text{h}}}{47 * 0,3 * 0,8 * 300 \text{ rpm}}}$$

$$D = 0,250 \text{ m}$$

Momento torsor necesario

$$Mt = 2,86 * \left(A + B * \frac{Q}{n} \right)$$

- A: coeficiente de tensión dependiente de la forma del sinfín
- B: coeficiente de tensión dependiente del material
- Q: caudal a transportar
- n: número de revoluciones

Para este caso:

Diametro esterno della coclea <i>D</i> mm	Velocità massima <i>n</i> in giri al primo per le classi					Coefficiente di costruzione <i>A</i> per cuscinetti			
	I	II	III	IV	V	cuscinetti a sfera	cuscinetti in bronzo ben lubrificati	cuscinetti in bronzo poroso	cuscinetti in stellite
100	180	120	90	70	31	0,012	0,021	0,033	0,051
150	170	115	85	68	30	0,018	0,033	0,054	0,078
200	160	110	80	65	30	0,032	0,054	0,096	0,132
250	150	105	75	62	28	0,038	0,066	0,114	0,162
300	140	100	70	60	28	0,055	0,096	0,171	0,246
350	130	95	65	58	27	0,078	0,135	0,255	0,345
400	120	90	60	55	27	0,106	0,186	0,336	0,480
450	110	85	55	52	26	0,140	0,240	0,414	0,585
500	100	80	50	50	25	0,165	0,285	0,510	0,705
600	90	75	45	45	24	0,230	0,390	0,690	0,945

Tabla 4: coeficientes A y B

- A= 0,038 (Cojinete a esfera)
- B= 1

$$Mt = 2,86 * \left(0,038 + 1 * \frac{53,4 \frac{tn}{h}}{300 rpm} \right) = 0,61 kg * m$$

Potencia necesaria

$$HP = 0,004 * (A * n + B * Q) * L =$$

$$HP = 0,004 * \left(0,038 * 300 rpm + 1 * 53,4 \frac{tn}{h} \right) * 8,55 m = 2,21 HP$$

Selección de motor eléctrico

Del catálogo de Czerweny se selecciona el motor eléctrico:

TABLA DE PERFORMANCE

MOTORES TRIFÁSICO LÍNEA TAL-ID

Motores asincrónicos trifásicos, rotor jaula de ardilla, 380V 50Hz. Servicio continuo S1, aislación Clase F, IP55, factor de servicio S1.
Motores 6 polos - Eficiencia standard IE1 e IE2

Tipo	Potencia		RPM	Inom.		I _{sc} /I _{nom}	Eff (%)	Cos φ	Mn (Nm)	Ma/Mn	Mk/Mn	J Kgm²	Peso Kg
	kW	CV		(A)	l _{sc} /l _{nom}								
220/380V													
TAL 7T1-6	0.18	0.25	880	1.27/0.74	6.0	59.0	0.63	1.95	2.2	2.4	0.0016	7.3	
TAL 7T2-6	0.25	0.33	900	1.64/0.95	6.0	59.0	0.68	2.65	2.2	2.4	0.0018	7.9	
TAL 801-6	0.37	0.5	915	2.24/1.3	6.0	62.0	0.70	3.86	2.2	2.4	0.002	10.0	
TAL 802-6	0.55	0.75	920	3.08/1.79	6.0	65.0	0.72	5.71	2.2	2.4	0.003	11.5	
TAL 90S-6	0.75	1	930	3.96/2.29	5.5	70.0	0.72	7.70	2.2	2.2	0.0035	14.0	
TAL 90L-6	1.1	1.5	930	5.49/3.18	5.5	72.9	0.73	11.30	2.2	2.2	0.004	17.0	
TAL 100L-6	1.5	2	945	6.91/4.0	6.0	79.8	0.75	15.17	2.2	2.2	0.007	21.0	
TAL 112M-6	2.2	3	945	9.62/5.57	6.0	77.7	0.76	22.24	2.2	2.2	0.014	27.0	
380V													
TAL 132S-6	3	4	960	7.40	6.5	83.3	0.76	29.86	2.0	2.0	0.029	42	
TAL 132M1-6	4	5.5	960	9.75	6.5	84.6	0.76	39.81	2.0	2.0	0.036	48	
TAL 132M2-6	5.5	7.5	960	12.95	6.5	86.0	0.77	54.74	2.0	2.0	0.045	55	
ID 160M-6	7.5	10	970	16.7	6.5	87.2	0.78	73.87	2.0	3.0	0.121	151	
ID 160L-6	11	15	970	24.1	7.5	88.7	0.78	108.35	2.4	3.3	0.161	167	

Tabla 5: motores eléctricos Czerweny

Se selecciona un motor eléctrico trifásico de 3 kW (4,02 HP), con una eficiencia de 83,3%, por lo tanto:

$$Pot = 4,02 HP * 0,833 = 3,34 HP$$

De esta forma, se verifica que el motor eléctrico seleccionado cumple con los requisitos del tornillo sin fin.

Selección de las poleas

Del catálogo de RP Poleas, se seleccionan las poleas que van a transmitir el movimiento entre el tornillo sin fin y el motor eléctrico.

- Diámetro polea 1: 120 mm
- Diámetro de la polea 2: 384 mm

Cálculo y selección de las correas

El cálculo y selección de las correas trapezoidales que se utilizan en la primera etapa de reducción se basa en el catálogo del fabricante Goodyear.

Antes de comenzar, es necesario recopilar los datos más importantes para el cálculo.

Dato	Descripción	Valor (unidad)
P_d	Potencia de diseño	4 (HP)
r	Relación de reducción/transmisión	3,2
n_1	Velocidad angular (mayor)	960 (rpm)
n_2	Velocidad angular (menor)	300 (rpm)
D_1	Diámetro de la polea 1	120 (mm)
D_2	Diámetro de la polea 2	384 (mm)
C	Distancia entre centros de poleas	330 (mm)

1. Factor de Servicio (Pág. 23) - De tabla 15

TABLA 15 FACTORES DE SERVICIO SUGERIDOS

Para el uso de los factores de servicio referirse a los párrafos indicados en la pág. 22

APLICACIONES	Motores Eléctricos						Máquinas						
	Corriente Alternada				C. C.		Nafta y Diesel						
	Rotor en Corto		Sincrónicos		Monofásicos		Bobinado Shunt	Bobinado Compound	4 ó más cilindros arriba de 100 r.p.m.	4 ó más cilindros debajo de 100 r.p.m.	3 cilindros o menos	Vapor	Arranque directo y con embraque
Torsión normal línea principal	Torsión normal compensador de arranque	Alta Torsión	Rotor bobinado (con anillo)	Torsión Normal	Alta Torsión	Repulsión y Universal							
Agitadores — Paleta-hélice													
Líquidos	1.0	1.0	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Semilíquidos	1.2	1.0	1.4	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maquinaria Ladrillos y Cerámica													
Para barrenar o taladrar ..	—	1.2	1.4	1.4	—	—	—	1.4	—	—	—	—	2.0
De ventilación	—	1.2	1.4	1.4	—	—	—	1.4	—	—	—	—	2.0
Mesas de corte	—	1.2	1.4	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trituradores	1.5	1.3	1.8	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mezcladores	—	1.2	1.6	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tamizadores	—	1.2	1.4	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Prensas de secado	—	1.2	1.6	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Laminadores	—	1.2	1.4	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maquinaria de Panadería													
Mezcladores	1.2	—	—	—	—	—	1.2	1.0	—	—	—	—	—
Compresores													
Centrifugos	1.2	1.2	—	1.4	1.4	—	—	1.2	—	1.2	—	—	—
Rotativos	1.2	1.2	—	1.4	1.4	—	—	1.2	1.2	—	—	—	—
Recíprocos													
3 ó más cilindros	1.2	1.2	—	1.4	1.4	—	—	1.2	—	—	—	—	—
1 ó 2 cilindros	1.4	1.4	—	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Transportadores													
Delantales	—	1.4	1.6	—	—	—	—	1.4	—	—	—	—	1.6
Correas (mineral, carbón, arena)	—	1.2	1.4	—	—	—	—	1.2	—	—	—	—	1.4
Correa (paquetes livianos)	—	1.0	1.1	—	—	—	—	1.0	—	—	—	—	1.2
Bornos	—	1.6	1.8	—	—	—	—	1.6	—	—	—	—	1.8
Tornillo	—	1.4	1.6	—	—	—	—	1.4	—	—	—	—	1.6
Baldes	—	1.4	1.6	—	—	—	—	1.4	—	—	—	—	1.6

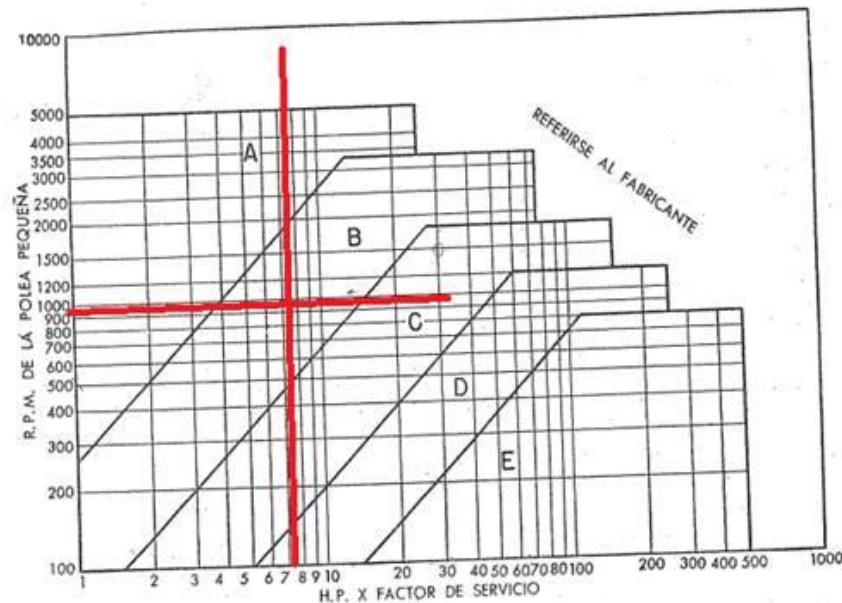
2. Potencia de diseño corregida

$$P_{dc} = P_d * f_s = 4 \text{ HP} * 1,8 = 7,2 \text{ HP}$$

3. Selección del tipo de correa (Tabla 4 – Pág. 11)

Para $n_1 = 960 \text{ rpm}$ y $P_{dc} = 7,2 \text{ HP} \rightarrow$ Correa Sección B

TABLA 4
SECCION DE CORREA EN V ADECUADA PARA LA CAPACIDAD DE FUERZA REQUERIDA

4. Longitud primitiva de la correa (Página 6)

$$L \text{ (mm)} = 2C + 1,57 * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2 * 350 \text{ mm} + 1,57 * (384 \text{ mm} + 120 \text{ mm}) + \frac{(384 \text{ mm} - 120 \text{ mm})^2}{4 * 350 \text{ mm}} =$$

$$L = 1541,06 \text{ mm}$$

5. Adopción del número de correa y largo nominal (Tabla 2 - Página 9)

Correa N°59 ($L = 1544 \text{ mm} = 60,8''$)

N°	D		C		E	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
15	16.3	414	—	—	—	—
16	17.3	439	—	—	—	—
17	18.3	465	—	—	—	—
18	19.3	490	—	—	—	—
19	20.3	516	—	—	—	—
20	21.3	541	—	—	—	—
21	22.3	566	—	—	—	—
22	23.3	592	—	—	—	—
23	24.3	617	—	—	—	—
24	25.3	643	—	—	—	—
25	26.3	668	—	—	—	—
26	27.3	693	—	—	—	—
27	28.3	719	—	—	—	—
28	29.3	744	—	—	—	—
29	30.3	770	—	—	—	—
30	31.3	795	31.8	808	—	—
31	32.3	820	—	—	—	—
32	33.3	846	—	—	—	—
33	34.3	871	34.8	884	—	—
34	35.3	897	35.8	909	—	—
35	36.3	922	36.8	935	—	—
36	37.3	947	—	—	—	—
37	38.3	973	38.8	986	—	—
38	39.3	998	39.8	1011	—	—
40	41.3	1049	41.8	1062	—	—
42	43.3	1100	43.8	1113	—	—
44	45.3	1151	45.8	1163	—	—
45	—	—	46.8	1189	—	—
46	47.3	1201	47.8	1214	—	—
47	48.3	1227	—	—	—	—
48	49.3	1252	—	—	—	—
49	50.3	1278	—	—	—	—
50	51.3	1303	—	—	—	—
51	52.3	1328	52.8	1341	53.9	1360
52	53.3	1354	53.8	1367	—	—
53	54.3	1379	54.8	1392	—	—
54	55.3	1405	55.8	1417	—	—
55	56.3	1430	56.8	1443	—	—
56	—	—	57.8	1468	—	—
58	59.3	1486	—	—	—	—
59	—	—	60.8	1544	—	—
60	61.3	1569	61.8	1570	62.9	1588
62	63.3	1608	—	—	—	—
63	—	—	64.8	1646	—	—
65	66.3	1684	66.8	1692	—	—

6. Adopción de la distancia/desplazamiento para la instalación y para compensar el alargamiento y estiramiento (Tabla 17 – Página 27)

Para poder montar $\rightarrow 1 \frac{3}{4}$ "

Para compensar el alargamiento $\rightarrow 2$ "

7. Arco de contacto sobre la polea menor (Página 5)

$$ADC (\circ) = 180^\circ - \frac{60 * (D - d)}{C}$$

$$ADC = 180^\circ - \frac{60 * (384 \text{ mm} - 120 \text{ mm})}{350 \text{ mm}} = 179,24^\circ$$

8. Factor de corrección del arco de contacto (Tabla 12 – Página 20)

TABLA 17

Largo nominal*	Mínimo desplazamiento debajo de la distancia C-C calculada para la instalación de correas (pulgadas)					Mínimo desplazamiento sobre la distancia C-C calculada p/compensar alargamiento y desgaste. Todas las secciones
	A	B	C	D	E	
26 a 38	¾	1				1
38 a 60	¾	1	1½			1½
60 a 90	¾	1¼	1½			2
90 a 120	1	1¼	1½			2½
120 a 158	1	1¼	1½	2		3
158 a 195		1¼	2	2	2½	3½
195 a 240		1½	2	2	2½	4
240 a 270		1½	2	2½	2½	4
270 a 330		1½	2	2½	3	5
330 a 420			2	2½	3	6
420 y arriba			2½	3	3½	1.5 % del largo de correa

* En cada grupo el rango es hasta, pero sin incluir el segundo largo.

Interpolando en la tabla:

$$F_{dc-ADC} = 0,9984$$

TABLA 12 FACTORES DE CORRECCION

Arco de contacto en la polea pequeña	Factores de corrección	
	V-V	V-Plana*
180	1.00	.75
170	.98	.77
160	.95	.80
150	.92	.82
140	.89	.84
130	.86	.86
120	.82	.82
110	.78	.78
100	.74	.74
90	.69	.69

9. Factor de corrección del largo de la correa (Tabla 13 – Página 21)

Como indica la tabla, si no se encuentra el valor exacto se debe seleccionar el inmediato inferior.

$$F_{dc-L} = 0,92$$

TABLA 13 FACTORES CORRECCION DE LARGO

Largo Nominal (pulg.)	A	B	C	D	E	Largo Nominal (pulg.)	A	B	C	D	E
26	0.81					97		1.02			
31	0.84					105	1.10	1.04	0.94		
33	0.86					112	1.11	1.05	0.95		
35	0.87	0.81				120	1.13	1.07	0.97	0.86	
38	0.88	0.83				128	1.14	1.08	0.98	0.87	
42	0.90	0.85				136		1.09	0.99		
46	0.92	0.87				144		1.11	1.00	0.90	
48	0.93	0.88				158		1.13	1.02	0.92	
51	0.94	0.89	0.80			162			1.03	0.92	
53	0.95	0.90				173		1.15	1.04	0.93	
55	0.96	0.90				180		1.16	1.05	0.94	0.91
60	0.98	0.92	0.82			195		1.18	1.07	0.96	0.92
62	0.99	0.93				210		1.19	1.08	0.96	0.94
64	0.99	0.93				240		1.22	1.11	1.00	0.96
66	1.00	0.94				270		1.25	1.14	1.03	0.99
68	1.00	0.95	0.85			300		1.27	1.16	1.05	1.01
71	1.01	0.95				330			1.19	1.07	1.03
75	1.02	0.97	0.87			360			1.21	1.09	1.05
78	1.03	0.98				390			1.23	1.11	1.07
80	1.04					420			1.24	1.12	1.09
81		0.98	0.89			480				1.16	1.12
83		0.99				540				1.18	1.14
85	1.05	0.99	0.90			600				1.20	1.17
90	1.06	1.00	0.91								
96	1.08		0.92								

NOTA: Para largos nominales no indicados en tabla tomar el factor correspondiente al inmediato inferior.

10. Capacidad en HP/correa (Tabla 8 – Página 17)

Interpolando en la tabla:

Para $n_1 = 960 \text{ rpm}$ y $d = 120 \text{ mm} = 4,72'' \rightarrow P_b = 2,06 \left(\frac{HP}{correa} \right)$

TABLA 8 SECCION "C" - CAPACIDAD BASICA EN H.P. POR CORREA

R.P.M. polea pequeña	Polea pequeña con diámetro primitivo (pulgadas)													R.P.M. eje más rápido	H.P. adicional para relación de velocidad										
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0		1.00	1.02	1.05	1.09	1.13	1.19	1.25	1.35	1.52	2.0	
870	4.43	5.26	6.09	6.90	7.70	8.49	9.26	10.0	10.8	11.5	12.3	13.0	13.7	870	.00	.12	.24	.36	.47	.59	.71	.83	.95	1.07	
1160	5.28	6.32	7.34	8.34	9.31	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.7	15.5	16.3	1160	.00	.16	.32	.47	.61	.75	.89	.99	1.11	1.26	1.42
1750	6.23	7.56	8.84	10.1	11.2	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0	16.8	17.4	18.0	1750	.00	.24	.48	.72	.95	1.19	1.43	1.67	1.91	2.15	2.35
100	.96	.98	1.10	1.22	1.34	1.46	1.58	1.70	1.82	1.93	2.05	2.16	2.28	100	.00	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	
200	1.49	1.72	1.95	2.17	2.40	2.62	2.84	3.06	3.28	3.50	3.72	3.95	4.15	200	.00	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.25	
300	2.05	2.37	2.70	3.03	3.35	3.67	3.99	4.31	4.62	4.94	5.25	5.56	5.87	300	.00	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.29	.33	.37	
400	2.55	2.97	3.39	3.81	4.23	4.65	5.06	5.47	5.87	6.28	6.68	7.08	7.47	400	.00	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49	
500	3.01	3.53	4.04	4.55	5.06	5.56	6.06	6.55	7.05	7.53	8.02	8.50	8.98	500	.00	.07	.14	.20	.27	.34	.41	.48	.55	.61	
600	3.43	4.04	4.64	5.24	5.83	6.42	7.00	7.58	8.15	8.72	9.28	9.83	10.4	600	.00	.08	.16	.25	.33	.41	.49	.57	.65	.74	
700	3.83	4.52	5.21	5.89	6.56	7.23	7.89	8.54	9.19	9.82	10.5	11.1	11.7	700	.00	.10	.19	.29	.38	.48	.57	.67	.76	.86	
800	4.19	4.97	5.74	6.50	7.25	7.99	8.72	9.44	10.15	10.85	11.5	12.2	12.9	800	.00	.11	.22	.33	.44	.55	.65	.76	.87	.98	
900	4.53	5.39	6.23	7.06	7.88	8.69	9.49	10.3	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	900	.00	.12	.25	.37	.49	.61	.74	.86	.98	1.10	
1000	4.84	5.77	6.69	7.59	8.47	9.34	10.2	11.0	11.9	12.7	13.5	14.2	15.0	1000	.00	.14	.27	.41	.55	.68	.82	.95	1.09	1.23	
1100	5.12	6.12	7.10	8.07	9.01	9.94	10.9	11.7	12.6	13.5	14.3	15.1	15.9	1100	.00	.15	.30	.45	.60	.75	.90	1.05	1.20	1.35	
1200	5.37	6.44	7.48	8.51	9.51	10.5	11.4	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.6	1200	.00	.16	.33	.49	.65	.82	.98	1.14	1.31	1.47	
1300	5.60	6.73	7.83	8.90	9.94	11.0	12.0	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	1300	.00	.18	.35	.53	.71	.89	1.06	1.24	1.42	1.59	
1400	5.79	6.98	8.13	9.24	10.3	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	16.1	16.9	17.7	1400	.00	.19	.38	.57	.76	.95	1.14	1.34	1.53	1.72	
1500	5.96	7.19	8.39	9.54	10.7	11.7	12.8	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	18.0	1500	.00	.20	.41	.61	.82	1.02	1.23	1.43	1.64	1.84	
1600	6.09	7.37	8.60	9.79	10.9	12.0	13.1	14.0	15.0	15.9	16.7	17.4	18.1	1600	.00	.22	.44	.65	.87	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96	
1700	6.20	7.51	8.77	9.96	11.1	12.2	13.3	14.2	15.2	16.0	16.8	17.5	18.1	1700	.00	.23	.46	.69	.93	1.16	1.39	1.62	1.85	2.09	
1800	6.26	7.61	8.89	10.1	11.3	12.4	13.4	14.3	15.2	16.0	16.7	17.4	17.9	1800	.00	.25	.49	.74	.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21	
1900	6.30	7.67	8.97	10.2	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	15.9	16.5	17.1	17.5	1900	.00	.26	.52	.78	1.04	1.30	1.55	1.81	2.07	2.33	
2000	6.30	7.69	8.99	10.2	11.4	12.4	13.4	14.2	15.0	15.6	16.2			2000	.00	.27	.55	.82	1.09	1.36	1.64	1.91	2.18	2.45	
2100	6.26	7.66	8.97	10.2	11.3	12.3	13.2	14.0	14.7	15.2				2100	.00	.29	.57	.86	1.15	1.43	1.72	2.00	2.29	2.58	
2200	6.19	7.59	8.88	10.1	11.2	12.1	13.0	13.7	14.2					2200	.00	.30	.60	.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	
2300	6.07	7.47	8.74	9.99	10.9	11.8	12.6	13.2	13.8					2300	.00	.31	.63	.94	1.25	1.57	1.88	2.19	2.51	2.82	
2400	5.92	7.30	8.55	9.66	10.6	11.5	12.1	12.7	13.2					2400	.00	.33	.66	.98	1.31	1.64	1.96	2.29	2.62	2.94	
2500	5.72	7.08	8.29	9.35	10.2	11.0								2500	.00	.34	.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.39	2.73	3.07	
2600	5.48	6.81	7.97	8.96	9.77	10.4								2600	.00	.35	.71	1.06	1.42	1.77	2.13	2.48	2.84	3.19	
2700	5.20	6.48	7.58	8.49	9.20									2700	.00	.37	.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.58	2.94	3.33	
2800	4.87	6.10	7.13	7.95										2800	.00	.38	.76	1.14	1.53	1.92	2.29	2.67	3.05	3.44	
2900	4.49	5.66	6.60	7.32										2900	.00	.40	.79	1.19	1.58	1.98	2.37	2.77	3.16	3.56	
3000	4.07	5.17	6.02											3000	.00	.41	.82	1.23	1.64	2.05	2.45	2.86	3.27	3.68	
3100	3.59	4.60	5.35											3100	.00	.42	.85	1.27	1.69	2.11	2.53	2.95	3.38	3.80	
3200	3.07	3.98												3200	.00	.44	.87	1.31	1.75	2.18	2.62	3.05	3.49	3.95	
3300	2.48	3.30												3300	.00	.45	.90	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	
3400	1.85													3400	.00	.46	.93	1.39	1.85	2.32	2.78	3.24	3.71	4.17	
3500	1.16													3500	.00	.48	.96	1.43	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	

* Para velocidades por encima de 6.000 pies por minuto pueden ser necesarias poleas especiales. Las capacidades indicadas están sujetas a corrección con los factores de arco de contacto y largo dados en tablas números 11, 12 y 13, páginas 20 y 21.

11. Adicional de potencia para r=3,2 en HP/correa (Tabla 8 – Página 17)

Interpolando en la tabla:

$$\text{Para } n_1 = 960 \text{ rpm y } r = 3,2 \rightarrow A_p = 0,4 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)$$

TABLA 8 SECCION "C" - CAPACIDAD BASICA EN H.P. POR CORREA

R.P.M. polea pequeña	Polea pequeña con diámetro primitivo (pulgadas)													R.P.M. eje más rápido	H.P. adicional para relación de velocidad									
	7.4	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0		1.00	1.02	1.05	1.09	1.13	1.19	1.25	1.35	1.52	2.0
870	4.43	5.26	6.09	6.90	7.70	8.49	9.26	10.0	10.8	11.5	12.3	13.0	13.7	.00	.12	.24	.36	.47	.59	.71	.83	.95	1.07	
1140	5.28	6.32	7.34	8.34	9.33	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.7	15.5	16.3	.00	.16	.32	.47	.63	.79	.95	1.11	1.26	1.42	
1750	6.23	7.56	8.84	10.1	11.2	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0	16.8	17.4	18.0	.00	.24	.48	.72	.95	1.19	1.43	1.67	1.91	2.15	
100	.86	.98	1.10	1.22	1.34	1.46	1.58	1.70	1.82	1.93	2.05	2.16	2.28	.00	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	
200	1.49	1.72	1.95	2.17	2.40	2.62	2.84	3.06	3.28	3.50	3.72	3.93	4.15	.00	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.25	
300	2.05	2.37	2.70	3.03	3.35	3.67	3.99	4.31	4.62	4.94	5.25	5.56	5.87	.00	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.29	.33	.37	
400	2.55	2.97	3.39	3.81	4.23	4.65	5.06	5.47	5.87	6.28	6.68	7.08	7.47	.00	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49	
500	3.01	3.53	4.04	4.55	5.06	5.56	6.06	6.55	7.05	7.53	8.02	8.50	8.98	.00	.07	.14	.20	.27	.34	.41	.48	.55	.61	
600	3.43	4.04	4.64	5.24	5.83	6.42	7.00	7.58	8.15	8.72	9.28	9.83	10.4	.00	.08	.16	.23	.33	.41	.49	.57	.65	.74	
700	3.83	4.52	5.21	5.89	6.56	7.23	7.89	8.54	9.19	9.82	10.5	11.1	11.7	.00	.10	.19	.29	.38	.48	.57	.67	.76	.86	
800	4.23	4.97	5.74	6.50	7.25	7.99	8.72	9.44	10.2	10.9	11.5	12.2	12.9	.00	.11	.22	.33	.44	.55	.65	.76	.87	.98	
900	4.63	5.39	6.23	7.06	7.88	8.69	9.49	10.3	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	.00	.12	.25	.37	.49	.61	.74	.86	.98	1.10	
1000	4.84	5.77	6.69	7.59	8.47	9.34	10.0	11.0	11.9	12.7	13.5	14.2	15.0	.00	.14	.27	.41	.55	.68	.82	.95	1.09	1.23	
1100	5.12	6.12	7.10	8.07	9.01	9.94	10.9	11.7	12.6	13.5	14.3	15.1	15.9	.00	.15	.30	.45	.60	.75	.90	1.05	1.20	1.35	
1200	5.37	6.44	7.48	8.51	9.51	10.5	11.4	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.6	.00	.16	.33	.49	.65	.82	.98	1.14	1.31	1.47	
1300	5.60	6.73	7.83	8.90	9.94	11.0	12.0	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	.00	.18	.35	.53	.71	.89	1.06	1.24	1.42	1.59	
1400	5.79	6.98	8.15	9.24	10.3	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	16.1	16.9	17.7	.00	.19	.38	.57	.76	.95	1.14	1.34	1.53	1.72	
1500	5.96	7.19	8.39	9.54	10.7	11.7	12.8	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	18.0	.00	.20	.41	.61	.82	1.02	1.23	1.43	1.64	1.84	
1600	6.09	7.37	8.60	9.79	10.9	12.0	13.1	14.0	15.0	15.9	16.7	17.4	18.1	.00	.22	.44	.65	.87	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96	
1700	6.20	7.51	8.77	9.96	11.1	12.2	13.3	14.2	15.2	16.0	16.8	17.5	18.1	.00	.23	.46	.69	.93	1.16	1.39	1.62	1.85	2.09	
1800	6.26	7.61	8.89	10.1	11.3	12.4	13.4	14.3	15.2	16.0	16.7	17.4	17.9	.00	.25	.49	.74	.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21	
1900	6.30	7.67	8.97	10.2	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	15.9	16.5	17.1	17.5	.00	.26	.52	.78	1.04	1.30	1.55	1.81	2.07	2.33	
2000	6.30	7.69	8.99	10.2	11.4	12.4	13.4	14.2	15.0	15.6	16.2			.00	.27	.53	.82	1.09	1.36	1.64	1.91	2.18	2.45	
2100	6.26	7.66	8.97	10.2	11.3	12.3	13.2	14.0	14.7	15.2				.00	.29	.57	.86	1.15	1.43	1.72	2.00	2.29	2.58	
2200	6.19	7.59	8.88	10.1	11.2	12.1	13.0	13.8	14.5	15.0	15.4			.00	.30	.60	.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	
2300	6.07	7.47	8.74	9.90	10.9	11.8	12.6	13.3	14.0	14.5	14.9			.00	.31	.63	.94	1.25	1.57	1.88	2.19	2.51	2.82	
2400	5.92	7.30	8.55	9.66	10.6	11.5	12.3	13.0	13.6	14.1	14.5			.00	.33	.66	.98	1.31	1.64	1.96	2.29	2.62	2.94	
2500	5.72	7.08	8.29	9.35	10.2	11.0	11.8	12.5	13.1	13.6	14.0			.00	.34	.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.39	2.73	3.07	
2600	5.48	6.81	7.97	8.96	9.77	10.4								.00	.35	.71	1.06	1.42	1.77	2.13	2.48	2.84	3.19	
2700	5.20	6.48	7.58	8.49	9.20									.00	.37	.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.56	2.94	3.31	
2800	4.87	6.10	7.13	7.95										.00	.38	.76	1.14	1.52	1.90	2.29	2.67	3.05	3.44	
2900	4.49	5.66	6.60	7.32										.00	.40	.79	1.19	1.58	1.98	2.37	2.77	3.16	3.56	
3000	4.07	5.17	6.02											.00	.41	.82	1.23	1.64	2.05	2.45	2.86	3.27	3.68	
3100	3.59	4.60	5.35											.00	.42	.85	1.27	1.69	2.11	2.53	2.95	3.38	3.80	
3200	3.07	3.98												.00	.44	.87	1.31	1.75	2.18	2.62	3.05	3.49	3.93	
3300	2.48	3.30												.00	.45	.90	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	
3400	1.85													.00	.46	.93	1.39	1.85	2.32	2.78	3.24	3.71	4.17	
3500	1.16													.00	.48	.96	1.43	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	

* Para velocidades por encima de 6.000 pies por minuto pueden ser necesarias poleas especiales. Los capacidades indicadas están sujetos a corrección con los factores de arco de contacto y largo dados en tablos números 11, 12 y 13, páginas 20 y 21.

12. Capacidad total en HP/correa

$$P_t = P_b + A_p = 2,06 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right) + 0,4 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right) = 2,46 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)$$

13. Potencia efectiva por correa

$$P_b = P_t * F_{dc-ADC} * F_{dc-L} = 2,46 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right) * 0,9984 * 0,92 = 2,26 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)$$

14. Cantidad de correas

$$N = \frac{P_{dc}}{P_b} = \frac{7,2 (HP)}{2,26 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)} = 3,2 \text{ correas} \Rightarrow N = 4 \text{ correas}$$

Así, se determina que serán necesarias 4 correas trapezoidales de sección B. Esto define la geometría y características de ambas poleas (número de canales).

Del catálogo de poleas antes mencionado:

4 CANALES (PERFIL "B")

ØE	Tipo	F	ØM	ØI	L	P	Q	Rayos
70	X	82	57	14	84	17	15	Disco
80	X	82	61	19	85	16	13	Disco
90	X	82	65	19	70	16	28	Disco
100	X	82	65	19	72	16	26	Disco
110	X	80	67	19	70	16	26	Disco
120	X	84	66	19	71	15	28	Disco
130	X	80	69	19	73	16	23	Disco
140	X	80	71	19	70	17	27	Disco
150	X	83	71	19	67	15	31	Disco
160	X	82	75	19	68	16	30	Disco
170	X	81	77	19	75	17	23	Disco
180	X	83	75	19	71	16	28	Disco
190	X	81	78	19	78	17	20	Disco
200	X	83	80	19	73	17	27	Disco
210	X	82	82	19	69	9	22	4
220	X	83	80	19	70	9	22	4
230	X	82	83	19	75	9	16	4
240	X	81	82	19	69	9	21	4
250	X	83	83	19	68	8	23	4
260	X	81	83	19	68	9	22	4
270	X	83	84	19	74	9	18	4
280	X	84	88	19	72	9	21	4
290	X	82	84	19	69	8	21	4
300	X	82	85	19	70	10	22	4
310	X	82	89	25	82	7	7	4
320	X	84	91	25	84	7	7	4
330	X	84	90	25	83	7	8	4
340	X	84	91	25	84	7	7	4
350	X	86	93	25	72	7	21	4
360	X	85	97	25	86	6	5	4
380	X	84	101	25	82	7	9	5

Tabla 6: poleas de 4 canales para correa sección B (RP Poleas)

Siguiendo los cálculos antes planteados, se diseña el tornillo sinfín para el transporte de los granos desde la fosa hacia el sistema. El diámetro del mismo es 250 mm, y se encuentra alojado en un caño de espesor 3,2 mm.

En los extremos del caño se colocan dos tapas, y sobre ellas dos rodamientos del tipo UCF 210.

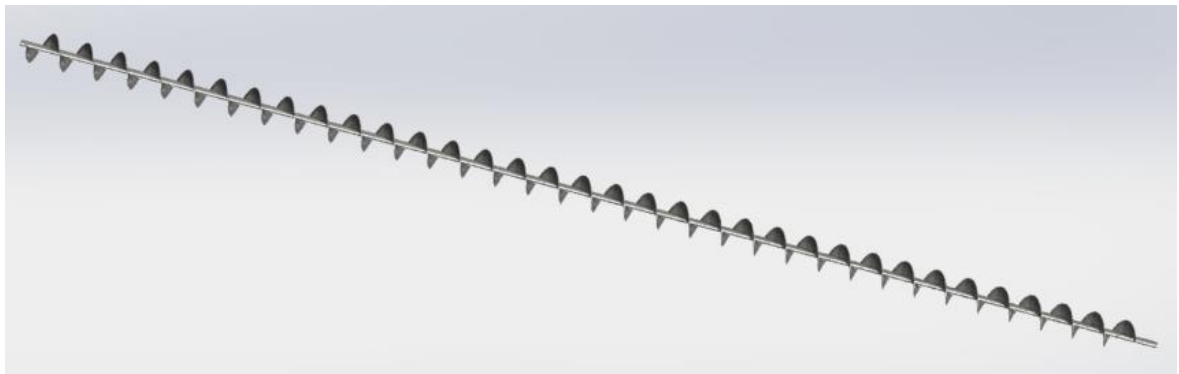


Figura 35: tornillo sinfín

Motor eléctrico

Tal como se calculó anteriormente, el movimiento del tornillo sinfín se logra gracias a la utilización de un motor eléctrico de 3kW, en el cual tiene incorporado en el eje de salida una polea de diámetro 120 mm, las cuales, por medio de 4 poleas sección B, le otorgan movimiento a la polea conducida, de diámetro 384 mm.

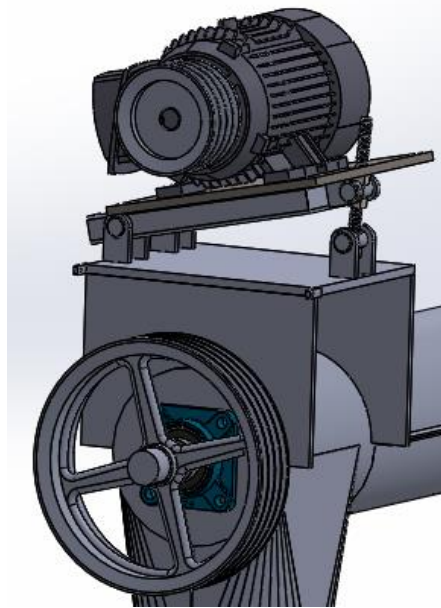


Figura 36: disposición de motor y poleas del tornillo sinfín

Tensor de motor eléctrico

Para darle la tensión correspondiente a las correas que hacen girar el tornillo sinfín se desarrolla un carro móvil que, por medio de una varilla roscada de 15 mm de diámetro, permite el giro del motor. Al girar las tuercas, la placa superior se desplaza y aumenta la distancia entre el centro de las poleas.

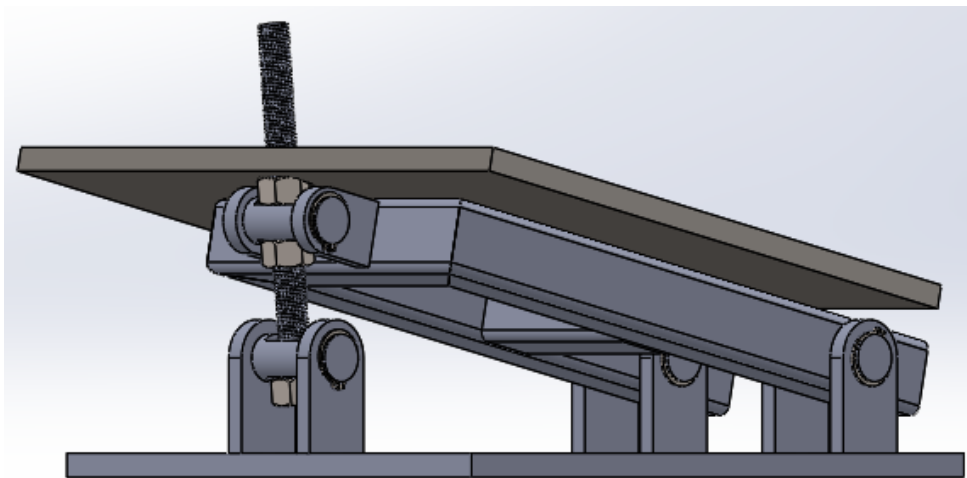


Figura 37: tensor de motor de tornillo sinfín

4.1.2.1. Protección de tornillo sinfín

Para preservar la integridad física de las personas que deban operar el tornillo sinfín, se coloca un cubre correa, fabricado en chapa plegada de espesor 0,9 mm, anclado al soporte del tensor mediante dos bulones cabeza hexagonal W1/4x16.

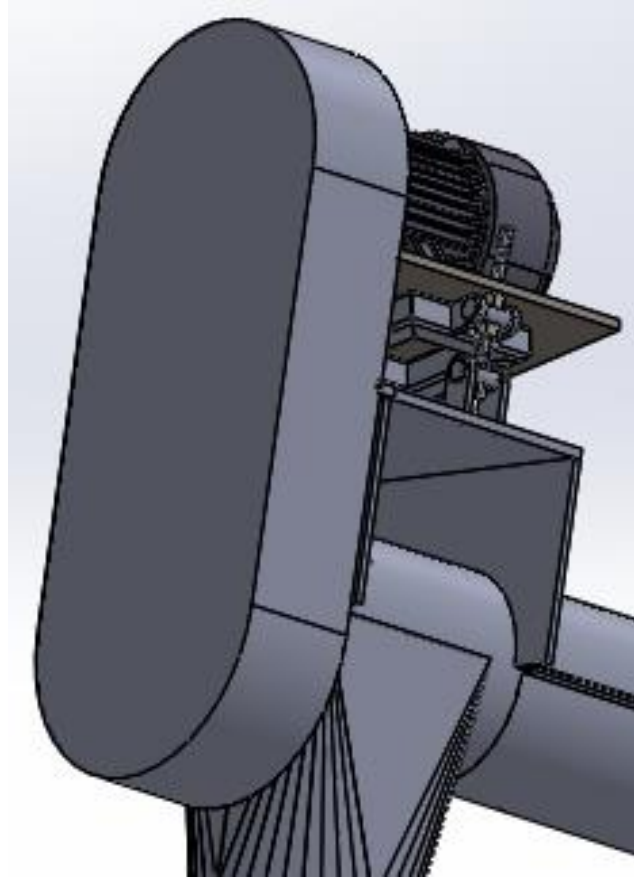


Figura 38: protección de motor tornillo sinfín

4.1.3. Sistema de pre limpieza

En la parte que presenta unos cortes longitudinales del tubo que aloja el tornillo sinfín, se instala un sistema de prelimpieza. El mismo posee una longitud de 3500 mm, y se compone de una zaranda perforada o ciega según corresponda, de espesor 3,2 mm.

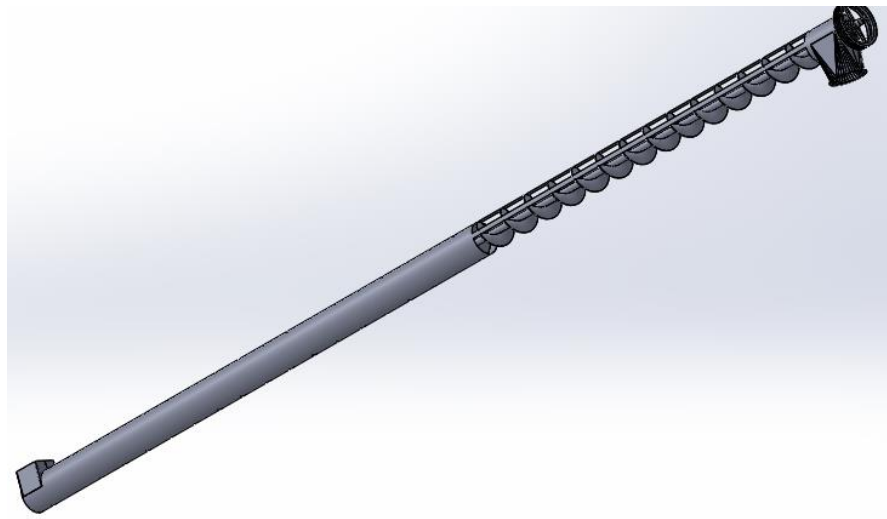


Figura 39: tornillo sinfín

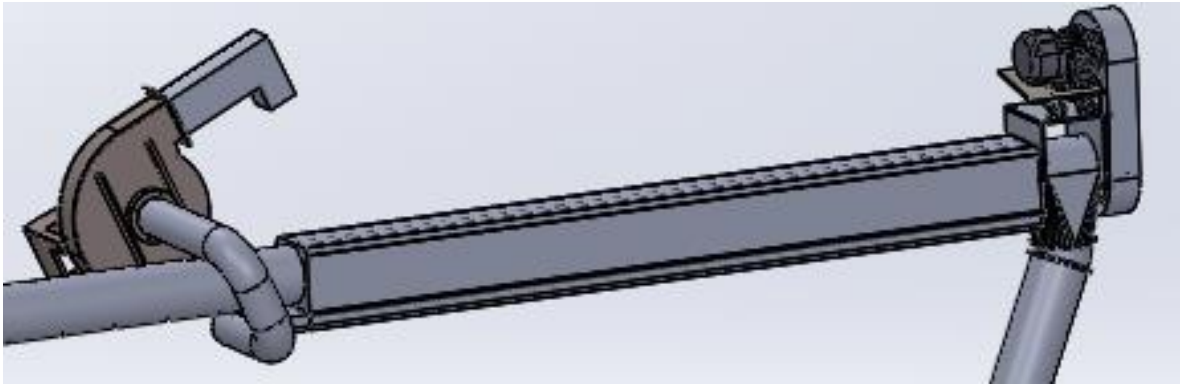


Figura 40: sistema de pre limpieza

Dependiendo el cereal que ingresa al sistema de pre limpieza se coloca la zaranda adecuada:

- Trigo: zaranda ciega
- Soja: zaranda con perforaciones de 4 mm
- Maíz: zaranda con perforaciones de 5 mm

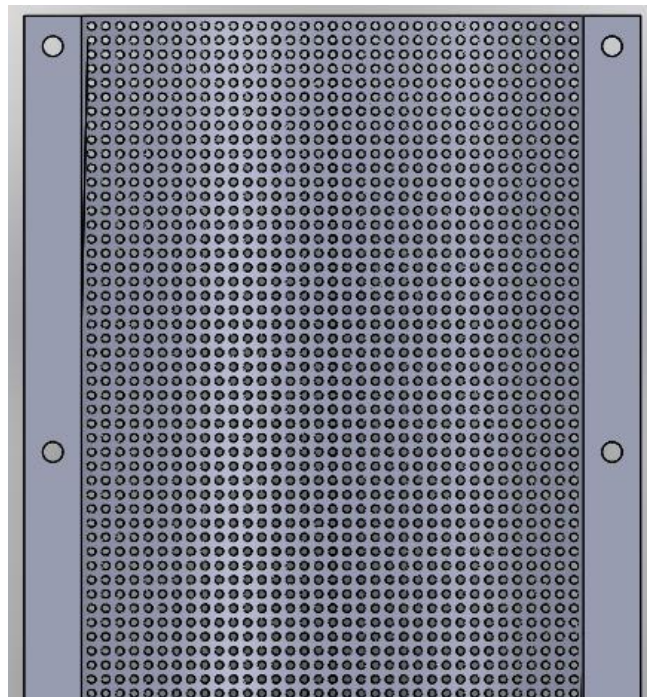


Figura 41: zaranda para soja (vista parcial)

La suciedad extraída por la zaranda cae en un depósito, formado por dos partes:

- Parte superior: soldada al caño del tornillo sinfín, fabricada con chapa de espesor 3,2 mm (1/8").
- Bandeja inferior: chapa plegada de espesor 3,2 mm (1/8").

Estos dos componentes se unen mediante bulones cabeza hexagonal M10x1,5.

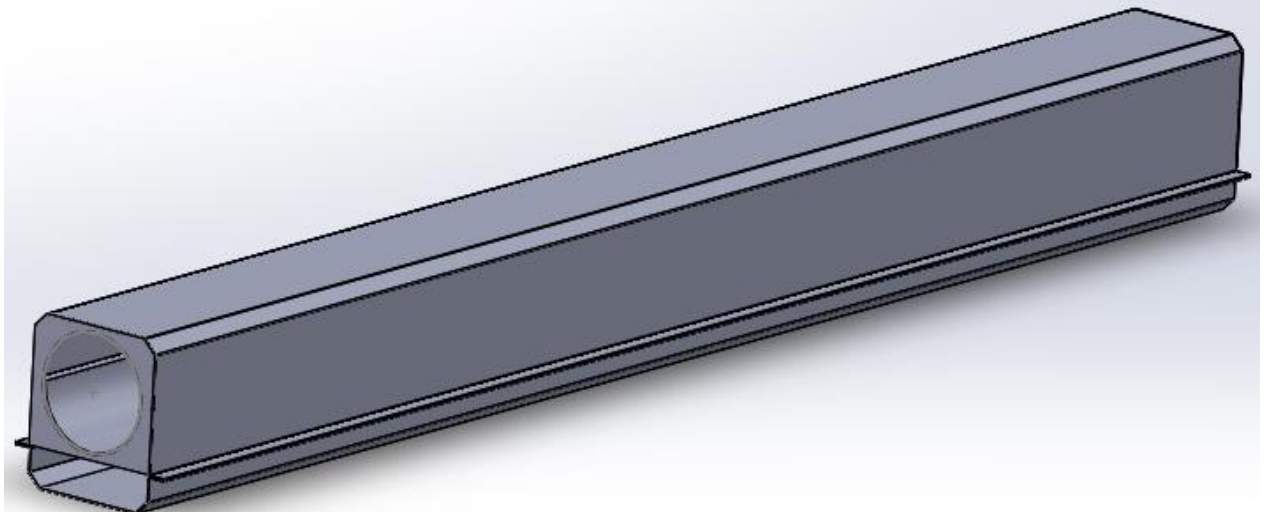


Figura 42: depósito de suciedad

Para extraer la basura de la bandeja inferior se utiliza un ventilador centrífugo. Para unir este ventilador con la bandeja inferior se coloca una curva y una transformación.

- Curva

Se busca que tenga la menor pérdida de carga posible, por lo que se hacen las curvas de radio 150 mm. El caño con el que se fabrica es de diámetro 161,9 mm, de espesor 3,2 mm.

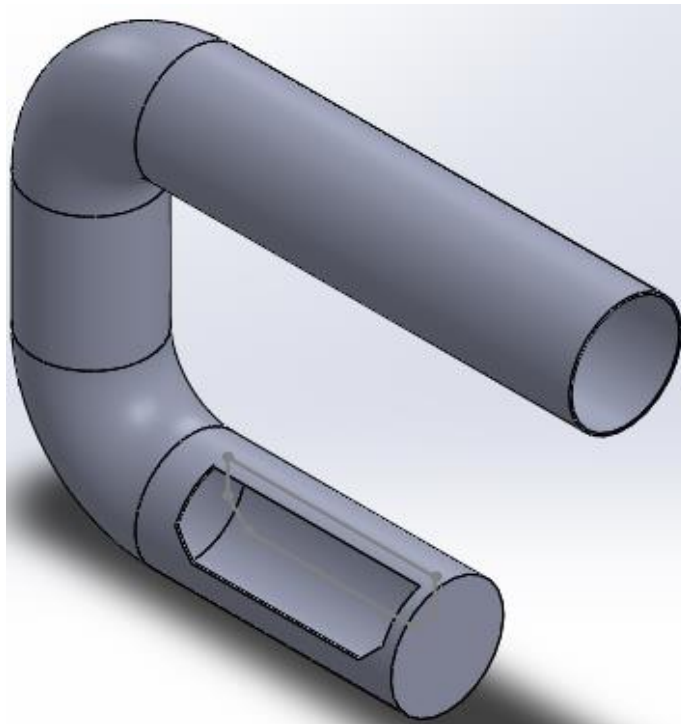


Figura 43: curva de descarga

- Transformación

Fabricada en chapa plegada de espesor 3,2 mm.

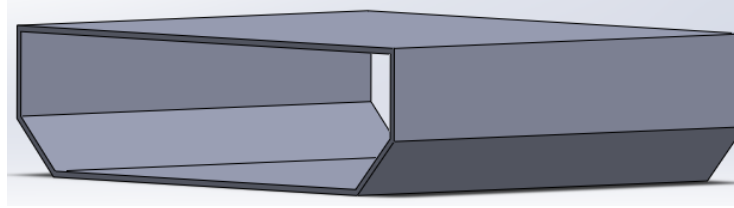


Figura 44: transformación

- Conducto de bajada de basura

A la salida del ventilador centrífugo se coloca un conducto rectangular que permite guiar la basura hacia un bolsón tipo "big bag". El mismo se conforma de chapa plegada de espesor 3,2 mm, y se sujeta al ventilador con bulones cabeza hexagonal M10x1,5.

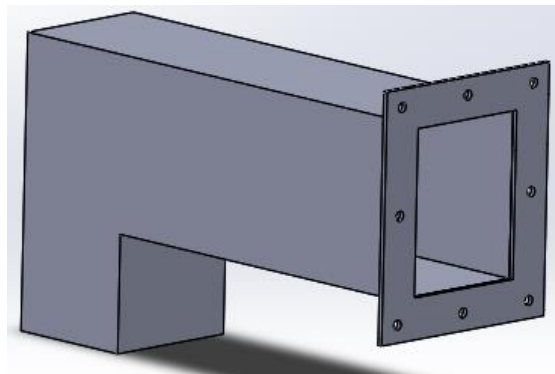


Figura 45: conducto de bajada de basura

4.2. Sistema de transporte mediante cadena de discos

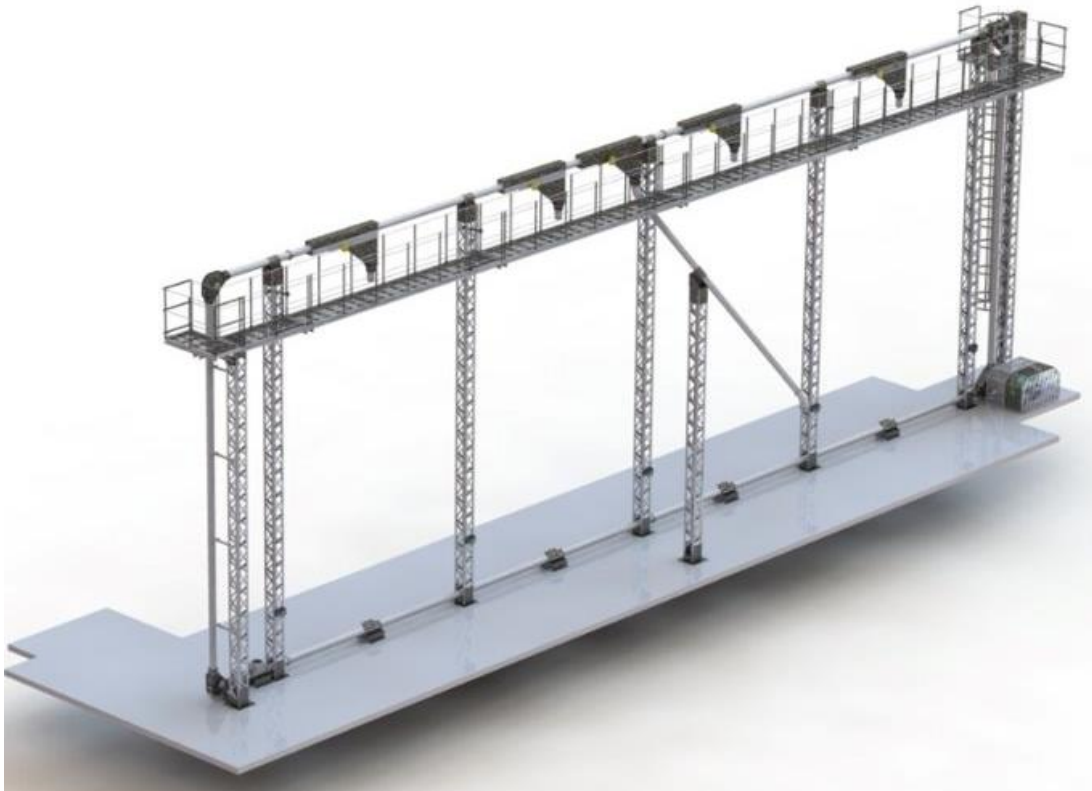


Figura 46: sistema de transporte (vista isométrica)

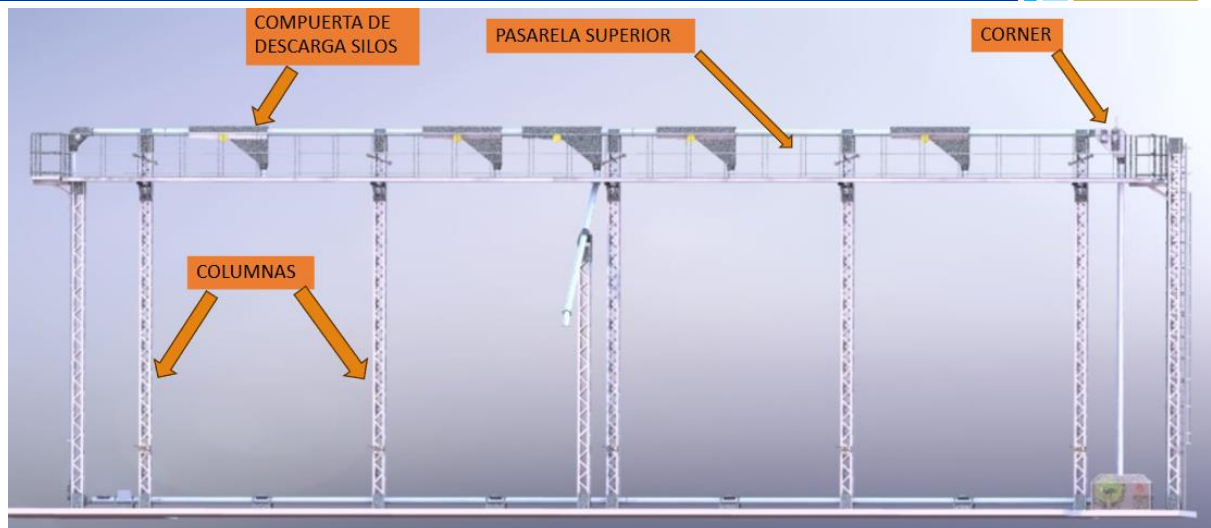


Figura 47: disposición del sistema de transporte (vista lateral)

4.2.1. Componentes comunes

Ciertos componentes del subsistema se utilizan de forma repetida, para reducir costos y facilitar el montaje. Los mismos se detallan a continuación:

4.2.1.1. Transformación córner-caño y tolva-caño

Se trata de 3 piezas soldadas, que permiten unir a los caños por los que circula el grano con las chapas que conforman a los córners. Además, se utilizan en las tolvas superiores de descarga a los silos.

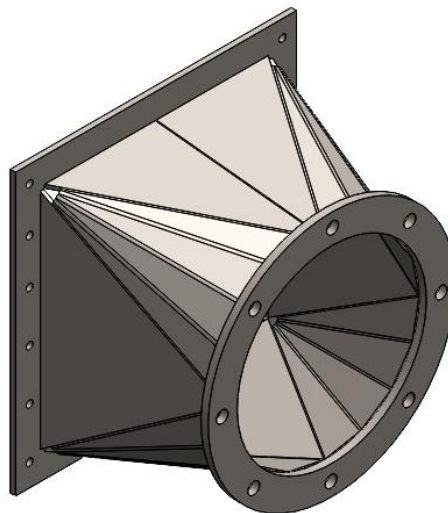


Figura 48: transformación

- Pieza 1: brida cuadrada (chapa de espesor 4,76 mm - 3/16").
- Pieza 2: transformación (chapa plegada, de espesor 4,76 mm - 3/16").
- Pieza 3: brida redonda (chapa de espesor 6,35 mm - 1/4"), con diámetro interior 168,3 mm.

4.2.1.2. Encausadores de descarga de grano

Cumplen la función de evitar la dispersión de los granos que caen de los silos. Están conformados por 4 chapas plegadas, de 3,18 mm de espesor (1/8"), y cuentan con 2 tubos redondos de refuerzo, de diámetro 9,53 mm (3/8") y 305 mm de largo.

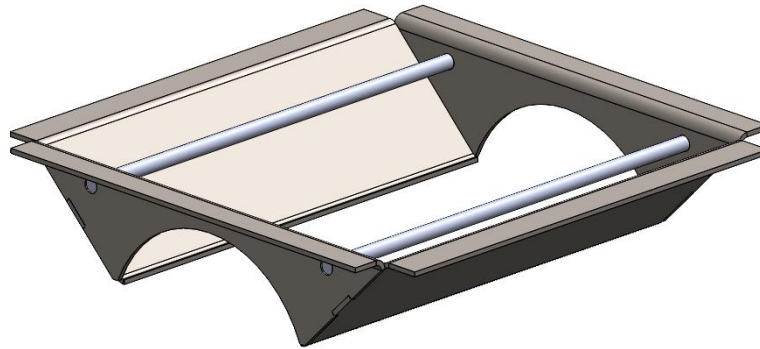


Figura 49: encausadores de descarga

A lo largo del tubo troncal se colocan 5 de estas piezas: 4 en la zona de descarga de los silos y 1 posterior (siguiendo el sentido de movimiento de la cadena) a la descarga del sinfín al tubo, que permita tanto visualizar el funcionamiento de la cadena como poder realizar acciones sobre los granos (fumigación, por ejemplo).

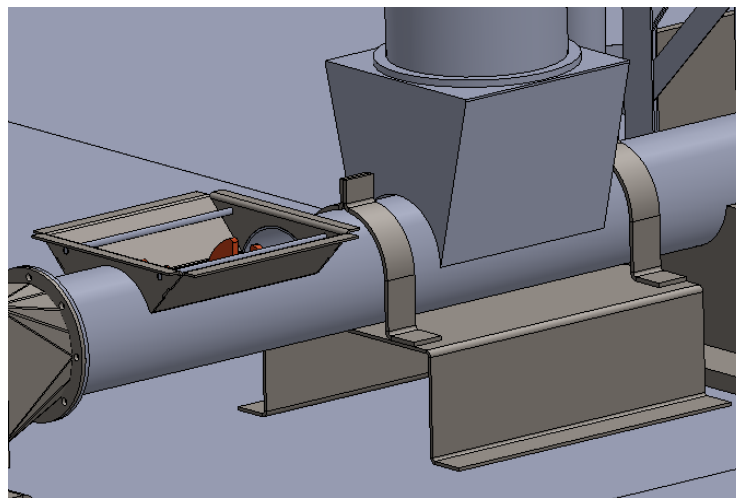


Figura 50: soporte inferior de caño

Aquellas que se encuentran debajo de los silos están soportadas por una chapa plegada (pieza 3) de espesor 6.35 mm (1/4") y 500 mm de largo, abulonada al piso. Asimismo, 4 chapas plegadas de 6,35 mm (1/4") de espesor (pieza 4) vinculan el tubo principal (diámetro 168,3 mm – 6 5/8") a la pieza 3.

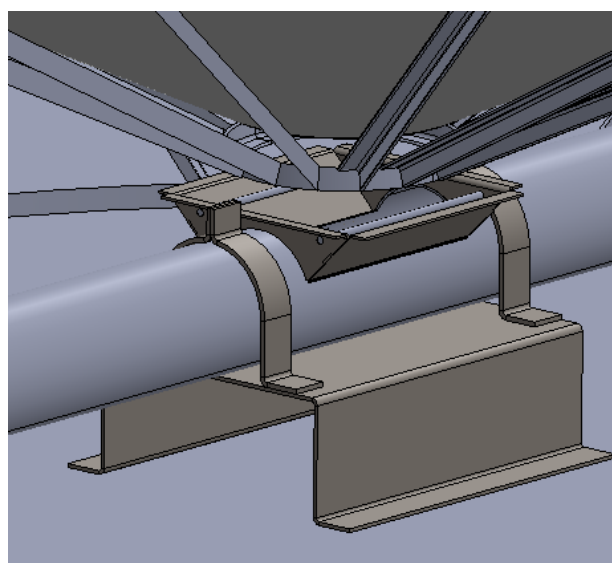


Figura 51: encausador + soporte + anclaje

4.2.2. Cañería de transporte

4.2.2.1. Cálculo del diámetro de la cañería – Determinación del diámetro de las ruedas dentadas

Con el objetivo de determinar el diámetro de la cañería para un caudal de 40 ton/h de granos, con una densidad promedio de 700 kg/m^3 , se define la velocidad que debe tener la cadena y, con ésta, el diámetro y número de dientes de los engranajes de las esquinas.

Tal como indican distintos catálogos de AGI, la velocidad recomendada para este tipo de sistemas es de 325 ft/min, equivalentes a 1,6 m/s.

Dada la fórmula:

$$v = \frac{\pi * d_p * n}{60} \Rightarrow d_p = \frac{60 * v}{\pi * n} = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z}\right)}$$

Donde:

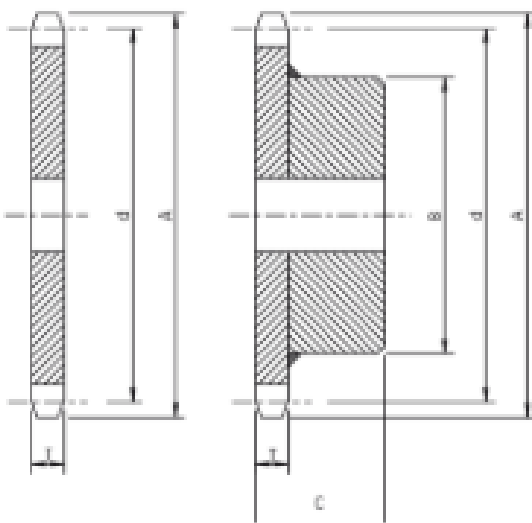
- $v \rightarrow$ velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$
- $d_p \rightarrow$ diámetro primitivo (m)
- $n \rightarrow$ velocidad angular (rpm)
- $P \rightarrow$ paso del engranaje (m)
- $Z \rightarrow$ número de dientes del engranaje

$$d_p = \frac{60 * 1,6 \frac{m}{s}}{\pi * 123 \text{ rpm}} = 0,24844 \text{ m} = 248,44 \text{ mm}$$

Es importante mencionar que se elige una rueda dentada considerando una cadena de eslabones CA550, ya que existe antecedente de distintos fabricantes que utiliza el mismo modelo. Posteriormente se verifica mediante un cálculo si la cadena cumple o no con la carga a la cual es sometida.

Del catálogo de Engracor, se busca el valor más cercano al obtenido por cálculo:

$$d_p = 251,53 \text{ mm} - Z = 19 \text{ dientes}$$



Paso - Pitch 41,4 mm		ØRodillo - Roller 16,66 mm Ancho (T) - Thickness = 18 mm		
Z	Diámetro Primitivo(d) Pitch Circle Diameter(d)	Diámetro Exterior(A) Top Diameter(A)	Diámetro Cubo(B) Hub Diameter(B)	Largo Total(C) Total Length(C)
6	82.80	95.30	45	40
7	95.42	107.91	55	40
8	108.18	120.68	70	40
9	121.05	133.54	75	45
10	133.97	146.47	80	45
11	146.95	159.44	90	45
12	159.96	172.45	90	45
13	172.99	185.49	100	45
14	186.05	198.54	100	45
15	199.12	211.62	105	45
16	212.21	224.70	105	45
17	225.31	237.80	110	45
18	238.41	250.91	110	45
19	251.53	264.02	120	45
20	264.65	277.14	120	50

Tabla 7: dimensiones de ruedas dentadas para cadena CA550 (Engracor)

De esta forma, la nueva velocidad:

$$v = \frac{\pi * 0,25153 \text{ m} * 123 \text{ rpm}}{60} = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con la fórmula:

$$Q = v * A * K_1 * K_2$$

Donde:

- $Q \rightarrow$ caudal $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$
- $v \rightarrow$ velocidad $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
- $A \rightarrow$ área de la sección transversal del caño (m^2)
- $K_1 \rightarrow$ factor de llenado
- $K_2 \rightarrow$ factor de espacio

El coeficiente K_1 se debe a que el caño no va lleno en su totalidad, sino que sólo la mitad del mismo transporta cereal. Por eso, el valor es 0,5.

Por su parte, K_2 representa el porcentaje de caño que realmente transporta cereal. Como se tiene un disco intercalado a cierta distancia en la cadena, una parte del espacio disponible es ocupado por los mismos. Por eso, el valor es de 0,96.

Despejando de la fórmula anterior:

$$A = \frac{Q}{v * K_1 * K_2}$$

$$Q = 40 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{700 \text{ kg}} = 0,01587 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$$

$$A = \frac{0,01587 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,5 * 0,96} = 0,02 \text{ m}^2 = 200 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 200 \text{ cm}^2}{\pi}} = 159,6 \text{ mm}$$

Del catálogo de **tubos** de "Gramabi":

TABLA DE PESOS TEÓRICOS DE CAÑOS ESTRUCTURALES (en kg/mt)																				
Pulgadas	mm	mm	mm	mm	Espesor de pared en mm															
					0.70	0.80	0.90	1.10	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.50	3.20	4.00	4.80	6.40	8.00	
5/16	7.94	-	-	-	-	0.127	0.143	0.158	0.188	0.209	0.229	0.254	0.276	0.297	-	-	-	-	-	-
3/8	9.53	-	-	-	-	0.154	0.175	0.194	0.232	0.259	0.284	0.317	0.348	0.376	-	-	-	-	-	-
1/2	12.70	10 x 10	-	-	-	0.210	0.238	0.266	0.319	0.358	0.396	0.444	0.491	0.535	-	-	-	-	-	-
5/8	15.88	12 x 12	15 x 10	-	-	0.266	0.302	0.337	0.406	0.457	0.507	0.571	0.633	0.694	-	-	-	-	-	-
3/4	19.05	15 x 15	20 x 10	-	-	0.321	0.365	0.408	0.494	0.556	0.618	0.698	0.776	0.853	-	-	-	-	-	-
13/16	20.64	-	-	-	-	0.349	0.397	0.444	0.537	0.606	0.673	0.762	0.848	0.932	-	-	-	-	-	-
7/8	22.23	-	20 x 15	-	-	0.377	0.429	0.480	0.581	0.655	0.729	0.825	0.919	1.011	-	-	-	-	-	-
15/16	23.81	-	-	-	-	0.404	0.460	0.516	0.625	0.705	0.784	0.889	0.991	1.091	1.332	1.649	-	-	-	-
1	25.40	20 x 20	30 x 10 / 25 x 15	30 x 14	-	0.432	0.492	0.551	0.668	0.755	0.840	0.952	1.062	1.170	1.431	1.776	-	-	-	-
1 1/8	28.58	-	30 x 15	-	-	-	-	0.623	0.756	0.854	0.951	1.079	1.205	1.329	1.630	2.030	-	-	-	-
1 3/16	30.16	-	-	-	-	-	-	0.658	0.799	0.904	1.007	1.143	1.276	1.408	1.729	2.157	-	-	-	-
1 1/4	31.75	25 x 25	40 x 10 / 30 x 20	-	-	-	-	0.694	0.843	0.953	1.062	1.206	1.348	1.488	1.828	2.284	-	-	-	-
1 3/8	34.93	-	-	40 x 25	-	-	-	0.766	0.930	1.052	1.173	1.333	1.491	1.646	2.027	2.538	-	-	-	-
1 1/2	38.10	30 x 30	50 x 10 / 40 x 20	49 x 17	-	-	-	0.837	1.018	1.152	1.285	1.460	1.634	1.805	2.225	2.792	-	-	-	-
1 5/8	41.28	-	-	-	-	-	-	0.908	1.105	1.251	1.396	1.587	1.776	1.964	2.423	3.046	-	-	-	-
1 3/4	44.45	35 x 35	50 x 20 / 40 x 30	-	-	-	-	0.980	1.192	1.350	1.507	1.714	1.919	2.123	2.622	3.300	-	-	-	-
1 7/8	47.63	-	50 x 25	58 x 24	-	-	-	1.051	1.278	1.449	1.618	1.841	2.062	2.281	2.820	3.554	-	-	-	-
2	50.80	40 x 40	60 x 20 / 50 x 30	-	-	-	-	1.123	1.367	1.548	1.729	1.965	2.205	2.440	3.019	3.808	-	-	-	-
2 1/4	57.15	45 x 45	70 x 20 / 60 x 30 / 50 x 40	-	-	-	-	1.266	1.541	1.747	1.951	2.222	2.491	2.758	3.416	4.316	-	-	-	-
2 1/2	63.50	50 x 50	80 x 20 / 70 x 30 / 60 x 40	-	-	-	-	1.409	1.716	1.945	2.174	2.476	2.777	3.075	3.813	4.824	-	-	-	-
2 3/4	69.85	55 x 55	70 x 40 / 60 x 50	-	-	-	-	1.551	1.891	2.144	2.396	2.730	3.062	3.392	4.209	5.332	-	-	-	-
3	76.20	60 x 60	100 x 20 / 90 x 30 80 x 40 / 70 x 50	-	-	-	-	1.694	2.065	2.342	2.618	2.984	3.348	3.710	4.606	5.840	7.220	8.568	-	-
3 1/2	88.90	70 x 70	100 x 40 / 90 x 50 / 80 x 60	-	-	-	-	-	-	-	-	3.492	3.920	4.345	5.400	6.836	8.490	10.092	-	-
3 3/4	-	75 x 75	100 x 50	-	-	-	-	-	-	-	-	3.746	4.205	4.663	5.797	7.364	9.125	-	-	-
4	101.60	80 x 80	120 x 40 / 100 x 60	-	-	-	-	-	-	-	-	4.000	4.491	4.980	6.194	7.872	9.760	-	-	15.232
4 1/2	114.30	90 x 90	120 x 60 / 100 x 80	-	-	-	-	-	-	-	-	4.208	5.063	5.615	6.988	8.888	11.030	13.140	17.264	-
5	127.00	100 x 100	160 x 40 / 150 x 50 / 140 x 60 / 120 x 80	-	-	-	-	-	-	-	-	4.416	5.301	5.634	6.250	7.781	9.904	12.300	14.664	19.296
5 1/2	139.70	110 x 110	160 x 60 / 140 x 80 / 120 x 100	-	-	-	-	-	-	-	-	4.624	5.549	5.634	6.250	7.781	9.904	12.300	14.664	19.296
-	-	115 x 115	150 x 75 / 130 x 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	152.40	120 x 120	160 x 80 / 140 x 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 1/2	165.10	130 x 130	180 x 80 / 160 x 100 / 140 x 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 5/8	168.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	177.80	140 x 140	200 x 80 / 180 x 100 / 160 x 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 1/2	190.50	150 x 150	200 x 100 / 180 x 120 / 160 x 140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	203.20	180 x 180	200 x 160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 8: catálogo de tubos y caños (Gramabi)

Seleccionamos un tubo de 6 5/8" (D = 168,3 mm), con un espesor de pared de 3,2 mm. El diámetro interior es 161,9 mm.

Recálculo del caudal a transportar

$$Q = v * A * K_1 * K_2$$

$$Q = 1,62 \frac{m}{s} * \frac{(0,1619 m)^2 * \pi}{4} * 0,5 * 0,96 = 0,016 \frac{m^3}{s} = 40320 \frac{kg}{h} = 40,32 \frac{tn}{h}$$

4.2.3. Columnas

Para el cálculo, ver Anexo (pág.)

4.2.3.1. Geometría final adoptada

Se emplean 4 perfiles PNL (2 1/4" x 1/4"), uno en cada esquina de la columna, separados una longitud h=30cm (entre sus centros de gravedad) en los dos sentidos. Se encuentran unidos en las 4 caras de la columna mediante celosías compuestas por perfiles ángulo PNL (1 1/2" x 1/4"), soldados en los cordones una longitud de 5 cm a cada lado de la diagonal. Por su parte, la placa base tiene un espesor de 25,4 mm (1").

En la parte superior de las columnas se coloca una planchuela de canto, a la que se le suelda una media caña, con el objetivo de facilitar las tareas de montaje, ya que se asegura así el centrado del caño por el cual circulan los granos. Encima, se coloca una chapa plegada, para evitar movimientos indeseados del mismo. Esta última se abulona a la tapa superior de la columna, con 4 bulones M8x1,25 de 25 mm de largo.

La placa inferior se fija al piso con 4 varillas roscadas de 9,53 mm (3/8") de diámetro, utilizando ampollas químicas para evitar movimientos indeseados.

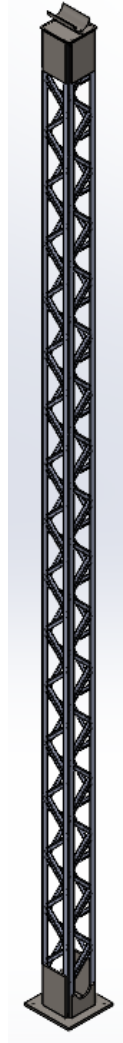


Figura 52: columna

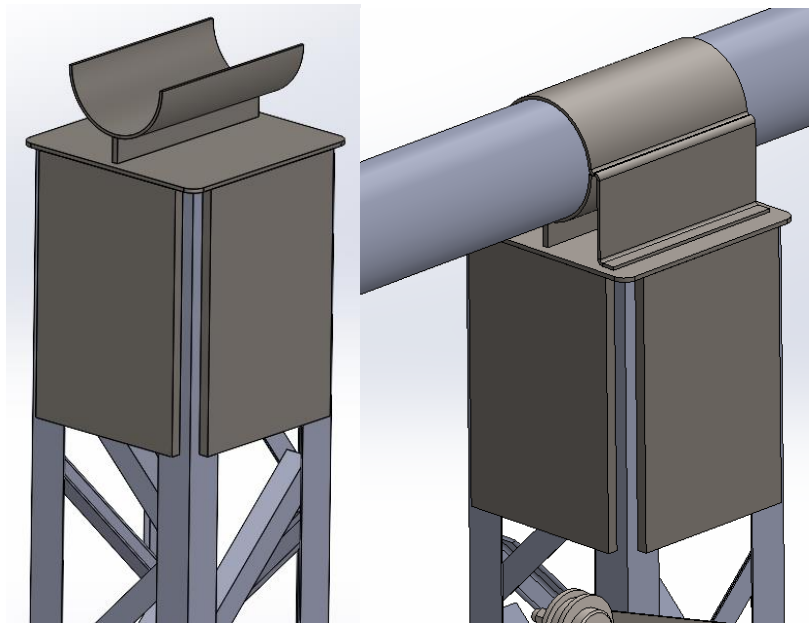


Figura 53: guía de centrado superior + tapa

Una de las columnas, de menor altura, es la encargada de soportar el peso del caño de descarga, que transporta granos desde el troncal hacia el camión.

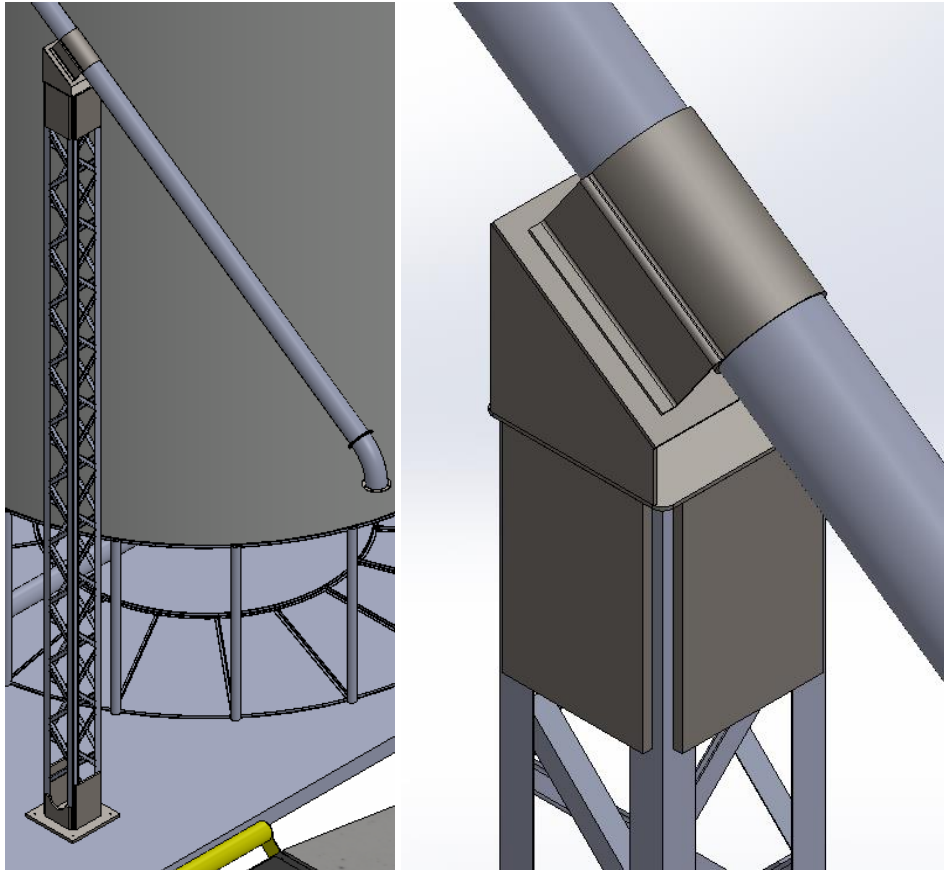


Figura 54: columna para caño de descarga

4.2.3.2. Anclaje de pasarelas

Otra de las funciones de las columnas es soportar el peso de las pasarelas. El mismo está formado por 2 perfiles IPN80 paralelos, reforzados en el inferior con perfiles similares colocados a 45°.

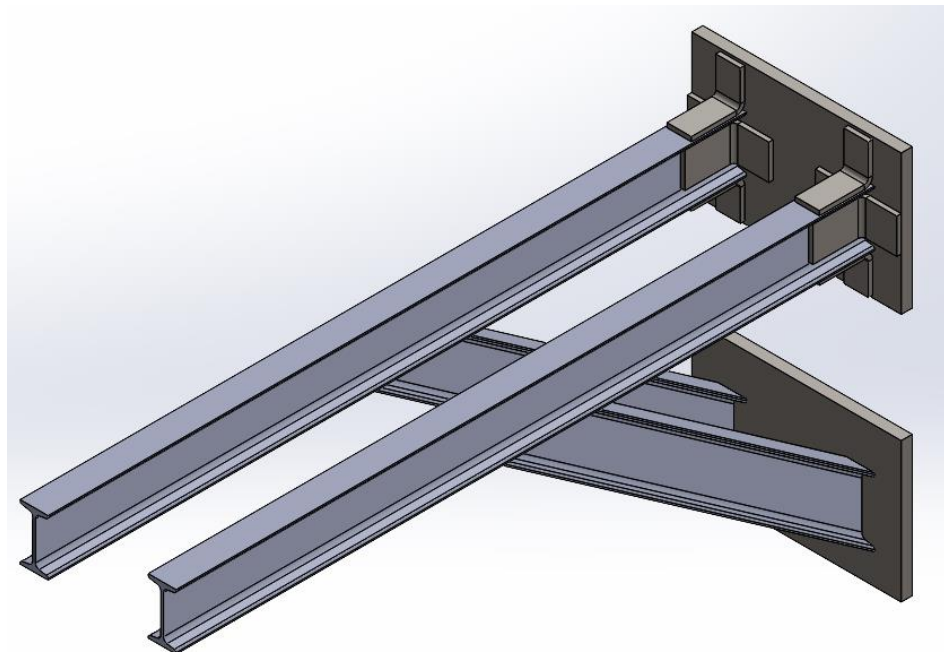


Figura 55: anclaje de pasarela a columna

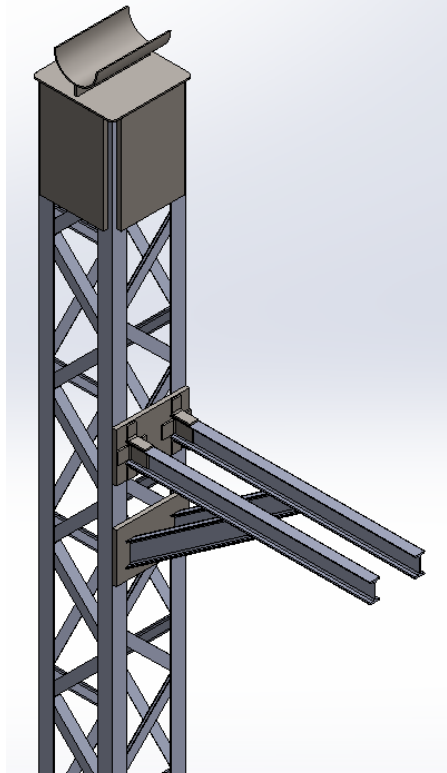


Figura 56: montaje de anclaje en columna

4.2.4. Escalera

El ascenso hacia las pasarelas se da gracias a una escalera colocada en una de las columnas del sistema.

La misma cuenta con la protección necesaria (cubre hombre) para quien deba subir.

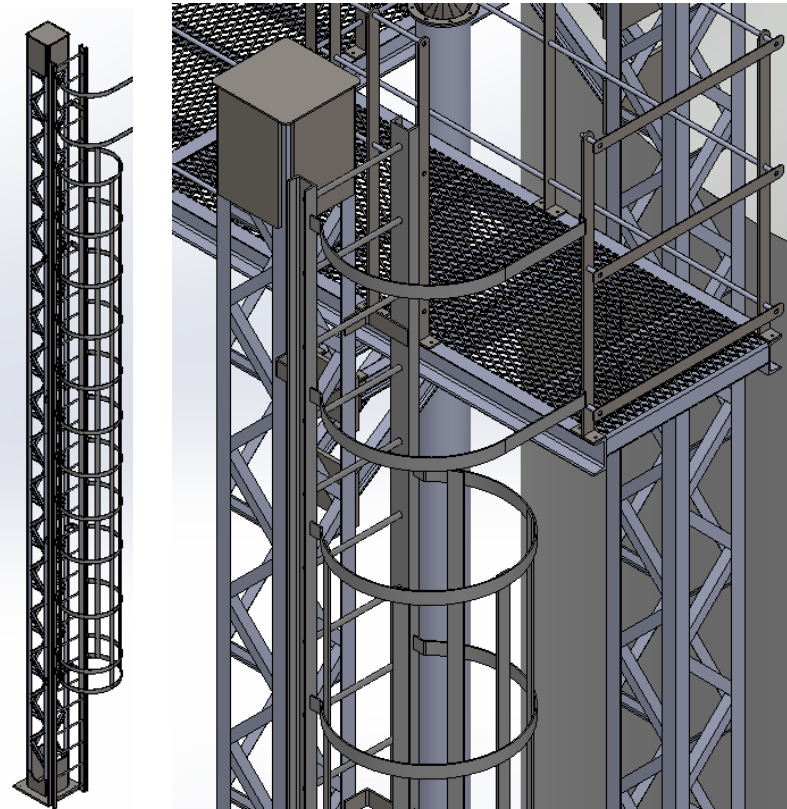


Figura 57: escalera + vista de disposición en planta

4.2.5. Pasarelas

Con el objetivo de facilitar las tareas de mantenimiento que deban realizarse en altura, tanto en los cóners superiores (ajustes, recambios de piezas o tensado de la cadena) como en las tolvas de descarga, se coloca una pasarela que recorra todo el largo del tramo superior del caño, y que se extienda en forma perpendicular al mismo en las esquinas.

Si bien hay variaciones entre las pasarelas (son de 3 largos distintos), la estructura principal de todas ellas se compone de 2 perfiles UPN120 separados entre sí 700 mm (entre caras interiores), con perfiles cuadrados (de 60x60x5mm en los extremos y 40x40x4mm) del mismo largo, colocados de forma transversal.

U.P.N.	Dimensiones					Sección	Peso	Valores estáticos							
	h	b	e	e1	xg			F	g	Jx	Jy	Wx	Wy	ix	iy=il
	mm	mm	mm	mm	cm			cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
80	80	45	8.0	6.0	1.45	11.0	8.60	106	19.4	26.5	6.3	3.10	1.33		
100	100	50	8.5	6.0	1.55	13.5	10.60	206	29.3	41.2	8.5	3.91	1.47		
120	120	55	9.0	7.0	1.60	17.0	13.30	364	43.2	60.7	11.1	4.63	1.59		
140	140	60	10.0	7.0	1.75	20.4	16.00	605	62.7	86.4	14.8	5.45	1.75		
160	160	65	10.5	7.5	1.84	24.0	18.80	925	85.3	115.6	18.3	6.21	1.89		
180	180	70	11.0	8.0	1.92	28.0	21.90	1350	114.0	150.0	22.4	6.94	2.02		
200	200	75	11.5	8.5	2.01	32.2	25.20	1910	148.0	191.0	27.0	7.70	2.14		
220	220	80	12.5	9.0	2.14	37.4	29.30	2690	197.0	244.5	33.6	8.48	2.30		
240	240	85	13.0	9.5	2.23	42.3	33.10	3600	248.0	300.0	39.6	9.23	2.42		
260	260	90	14.0	10.0	2.36	48.3	37.80	4820	317.0	370.8	47.7	9.99	2.56		
280	280	95	15.0	10.0	2.53	53.3	41.80	6280	399.0	448.6	57.2	10.85	2.74		
300	300	100	16.0	10.0	2.70	58.8	46.10	8030	495.0	535.3	67.8	11.69	2.90		
320	320	100	17.5	14.0	2.60	75.8	59.40	10870	597.0	679.4	80.6	11.98	2.81		
350	350	100	16.0	14.0	2.40	77.3	60.60	12840	570.0	733.7	75.0	12.89	2.72		
380	380	102	16.0	13.5	2.38	80.4	63.00	15760	615.0	829.5	78.7	14.00	2.77		
400	400	110	18.0	14.0	2.65	91.5	71.70	20350	864.0	1017.5	102.0	14.91	3.07		

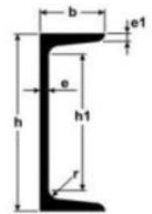


Tabla 9: perfiles UPN (Gramabi)

Encima de dichos perfiles se coloca metal desplegado 620-30-30, de 3,2 mm de espesor.

Las barandas se componen de planchuelas de 44,45 x 6,35 mm (1 ¾ x ¼”) con 1100 mm de alto, atravesadas por caños redondos de 15,88 mm de diámetro (5/8”) y 2 mm de espesor. Dicha planchuela se suelda a otra en la parte inferior, para ser unida al perfil C mediante bulones de cabeza hexagonal M8x1,25 de 25 mm de largo.

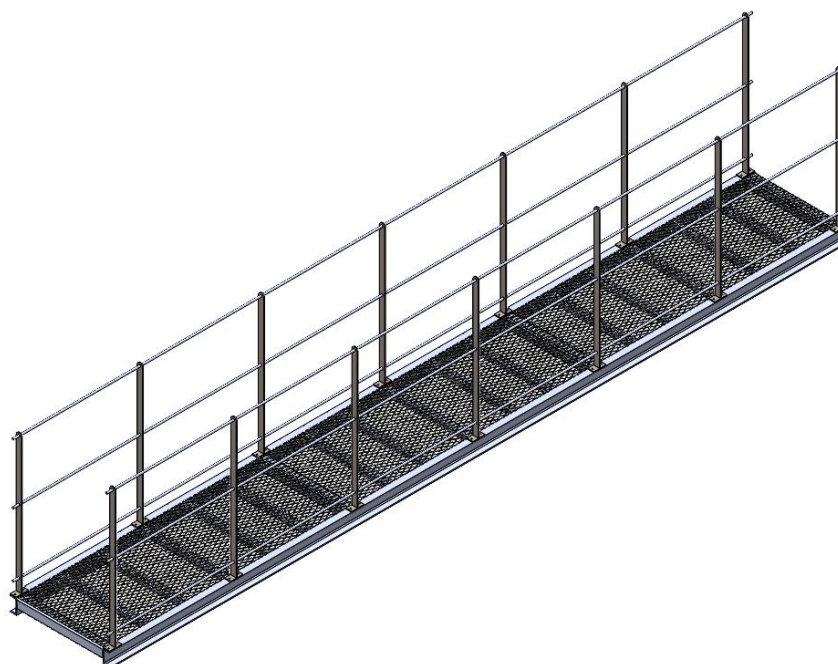


Figura 58: pasarela de 6 metros.

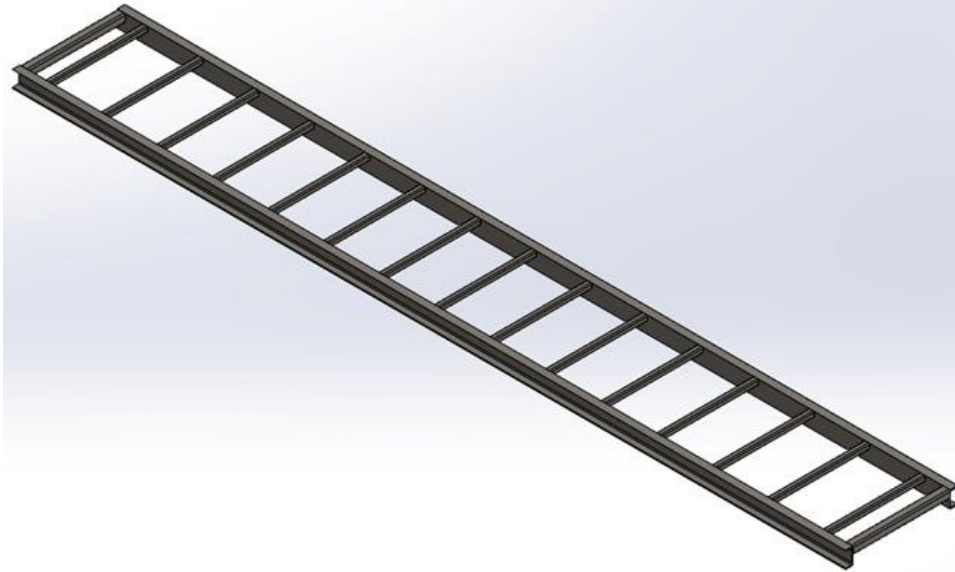


Figura 59: estructura de perfiles pasarela de 6 m.

4.2.5.1. Simulación de la estructura de la pasarela

Para verificar si la estructura planteada se encuentra dimensionada de forma correcta, se realiza una simulación en "Solidworks".

Para ello, se supone:

- Carga: 300 kg
- Acero: A36
- Condición de carga más desfavorable: en la zona central de la estructura (se la divide en 6 puntos)

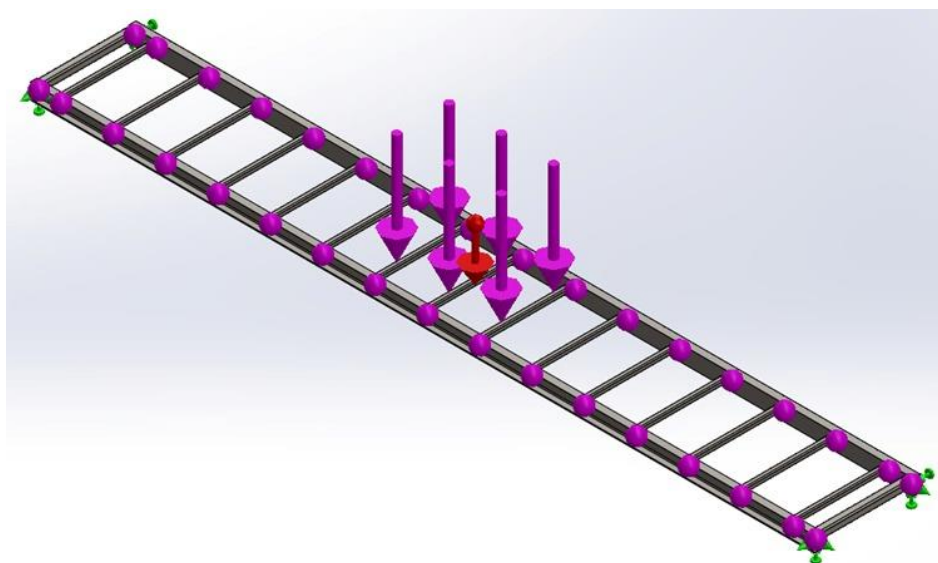
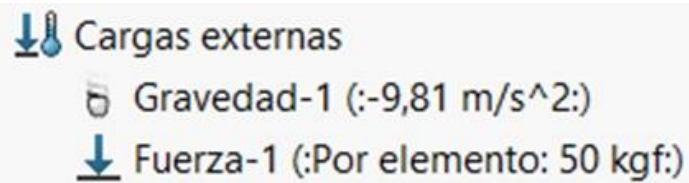


Figura 60: distribución de carga aplicada

Se realiza el mallado de la estructura

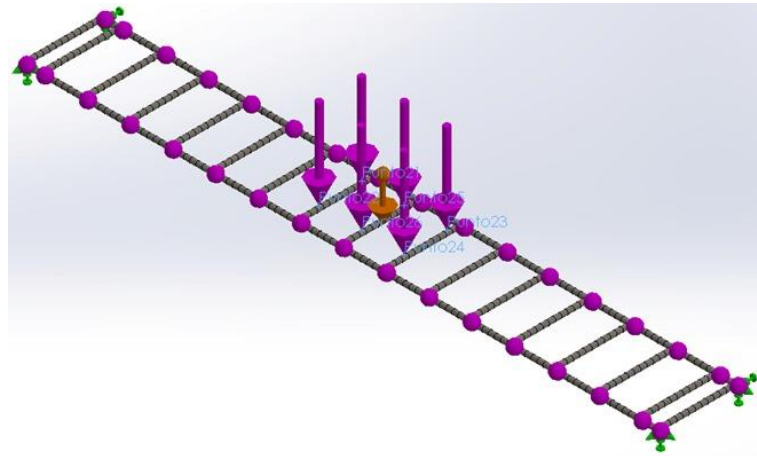


Figura 61: estructura mallada

Luego se ejecuta el análisis, que arroja los siguientes resultados:

- Tensión:

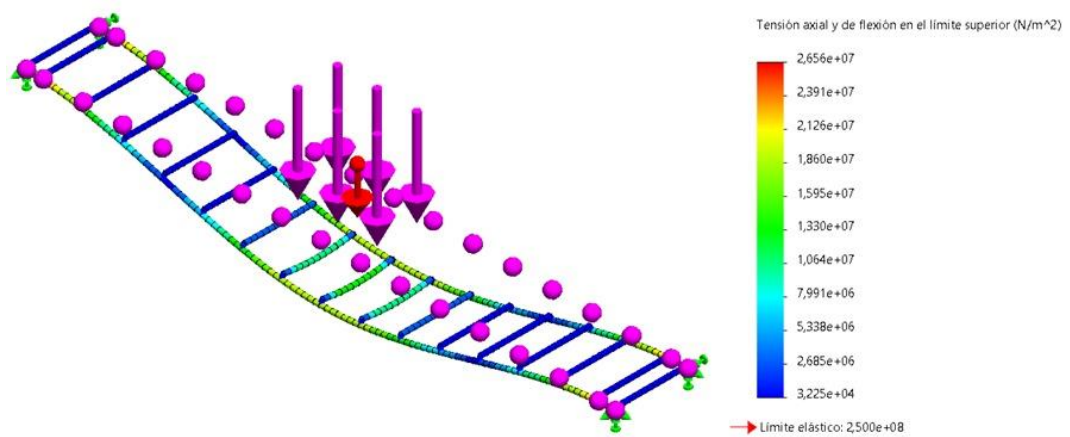


Figura 62: imagen tensiones

- Deformación:

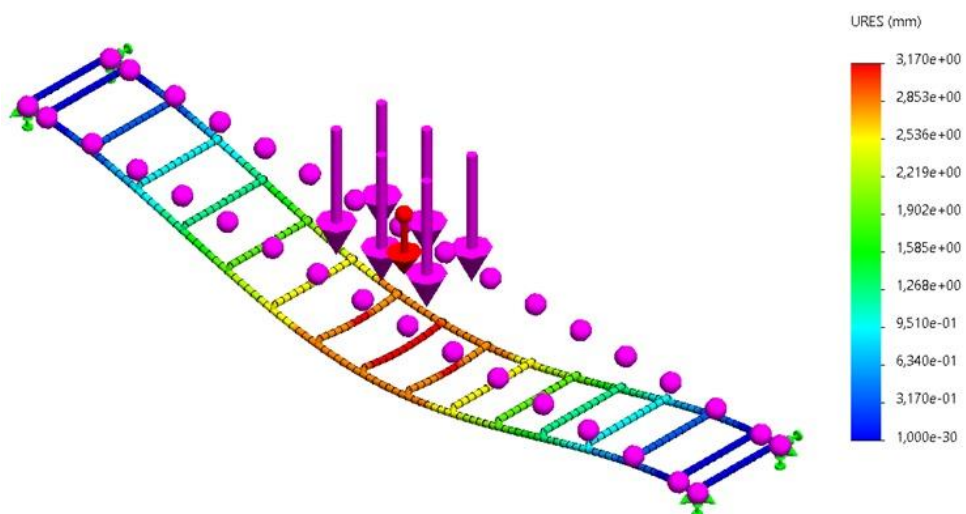


Figura 63: imagen deformaciones

De esta forma se verifica que la estructura se encuentra correctamente dimensionada, ya que la tensión máxima a la que se somete la misma es menor que la tensión admisible del material. Además, el desplazamiento máximo se encuentra en un valor aceptable.

4.2.6. Cadena de transporte + discos

4.2.6.1. Cálculo y selección de la cadena

Para el cálculo de la cadena se tiene en cuenta el momento torsor aplicado por el motorreductor al sistema.

- Momento aplicado: 1477 Nm

La fuerza aplicada por el motorreductor se puede obtener dividiendo el momento torsor por el radio primitivo del engranaje.

- Diámetro primitivo: 251,53 mm
- Radio primitivo: $251,53 \text{ mm}/2 = 125,76 \text{ mm}$
- Fuerza aplicada a la cadena: $1477 \text{ Nm}/0,125 \text{ m} = 11816 \text{ N} = 1204,9 \text{ kg}$

Se selecciona el modelo CA 550 con aditamento F1 (cadena tipo agrícola). Las características de la misma son las siguientes:

- Paso P: 41,40 mm.
- Ancho interno b_1 : 20 mm.
- Diámetro rodillo d_1 : 16,66 mm.
- Diámetro perno: 7,15 mm.
- Altura placa: 19,30 mm.
- Espesor placa: 2,70 mm.
- Largo perno remachado: 34,90 mm.
- Carga de rotura: 5000 Kg.

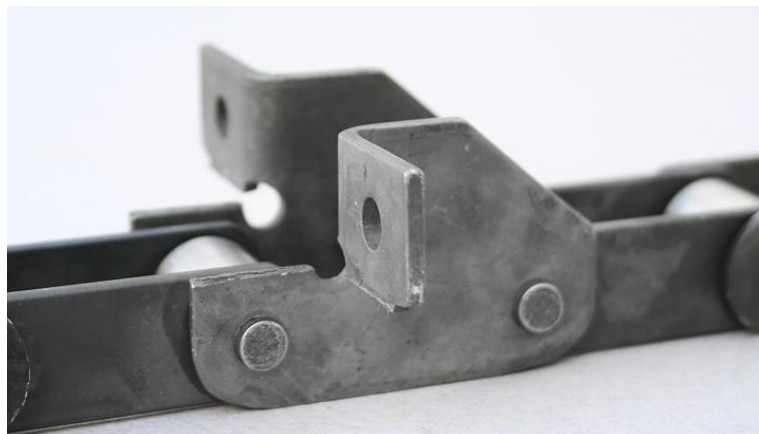
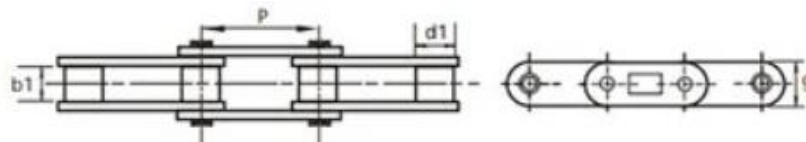


Figura 64: cadena CA550 con aditamento F1

4.2.6.2. Discos

Los discos son de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWP por sus siglas en inglés, Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylene o HMPE, high-modulus-polyethylene).

Se trata de un polímero termoplástico que ofrece las siguientes ventajas:

- Resistencia al desgaste: es altamente resistente a la abrasión.
- Bajo coeficiente de fricción: facilita el movimiento de componentes en contacto.
- Resistencia química: es resistente a muchos productos químicos (útil por el uso de fitosanitarios en este caso).
- Impacto y absorción de energía: posee alta capacidad de absorber impactos.
- Estabilidad dimensional: mantiene su forma y dimensiones en un rango amplio de temperatura.
- Resistencia a la humedad: no absorbe agua, lo que previene la deformación y el deterioro prematuro.
- No es tóxico: se puede utilizar en contacto con alimentos.

Algunas de sus propiedades son:

- Densidad: 0,93 – 0,98 g/cm³
- Absorción de agua: <0,01%
- Resistencia a la tracción: >30 MPa
- Punto de fusión: 136°C

El diámetro exterior de los discos es de 158 mm, con un espesor de 10 mm. La unión con los aditamentos de la cadena se da mediante 2 bulones M8x1,25, de 25 mm de largo, con arandelas planas intermedias y tuerca autofrenante M8x1,25.

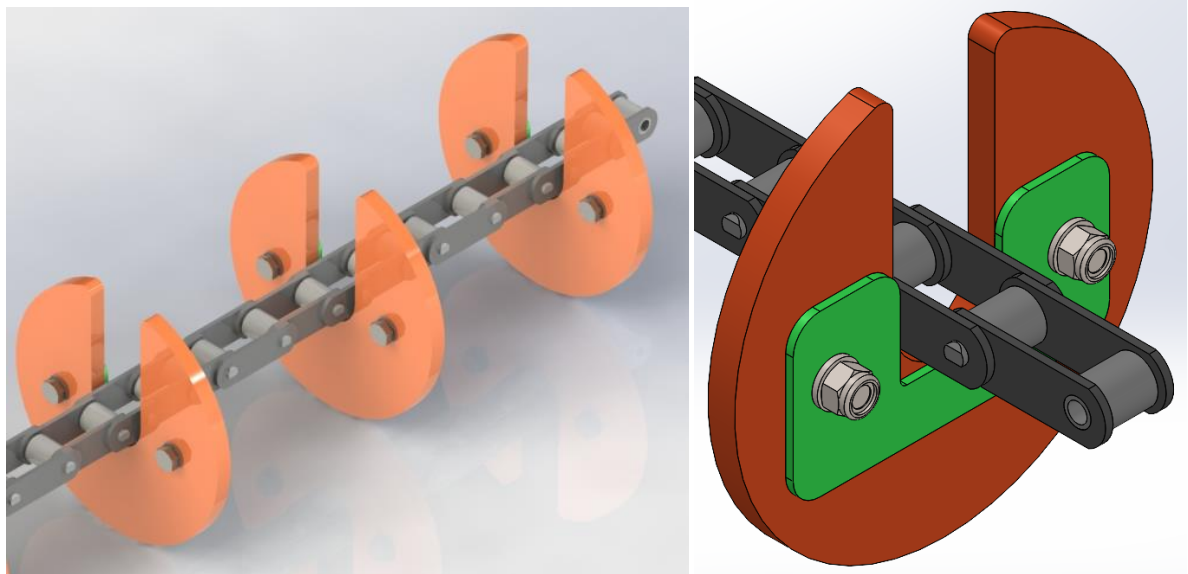


Figura 65: cadena + disco

Teniendo en cuenta el largo total de la cadena (73 metros aproximadamente), y considerando que se colocan 4 discos por metro, serán necesarios 292 discos.

4.2.7. Compuerta de descarga a silo

Permiten (o no) la descarga de los granos del caño principal a cada silo o al caño de descarga al camión. Se puede dividir en 9 componentes:

- 1) Tapa superior
- 2) Chapas laterales
- 3) Tolla o transformación principal
- 4) Compuerta

- 5) Sistema de desplazamiento
- 6) Transformación tolva-caño
- 7) Caño de descarga
- 8) Polea inferior
- 9) Poleas guía superiores

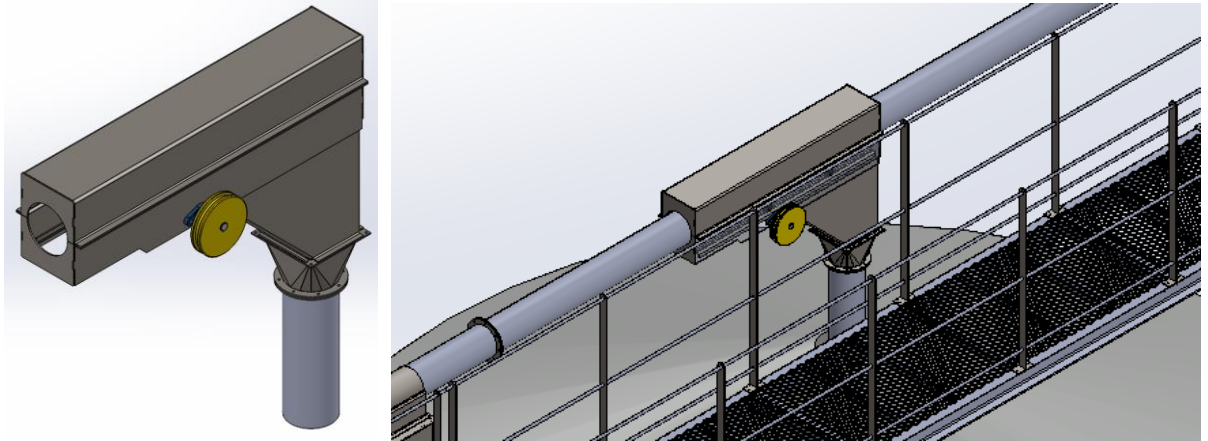


Figura 66: compuerta de descarga a silo

Como se observa en las imágenes, para la estructura principal de la compuerta se utiliza chapa de espesor 4,76 mm (3/16”), plegada y soldada o abulonada, según el componente.

El sistema de desplazamiento está conformado por una polea plástica, una rueda dentada y un eje que conecta tanto a la polea como a la rueda, soportado en las chapas laterales mediante porta rodamientos UCFL205. Dicha rueda dentada, en conjunto con una cremallera, es la encargada de realizar el movimiento de apertura y cierre de la compuerta, para que el grano sea descargado en el silo correspondiente o bien continúe por el caño principal. El movimiento se transmite desde la parte inferior del sistema mediante un cable de acero. Es importante destacar que, para evitar deslizamientos entre los componentes, se le dan 2 vueltas de cable a la polea.

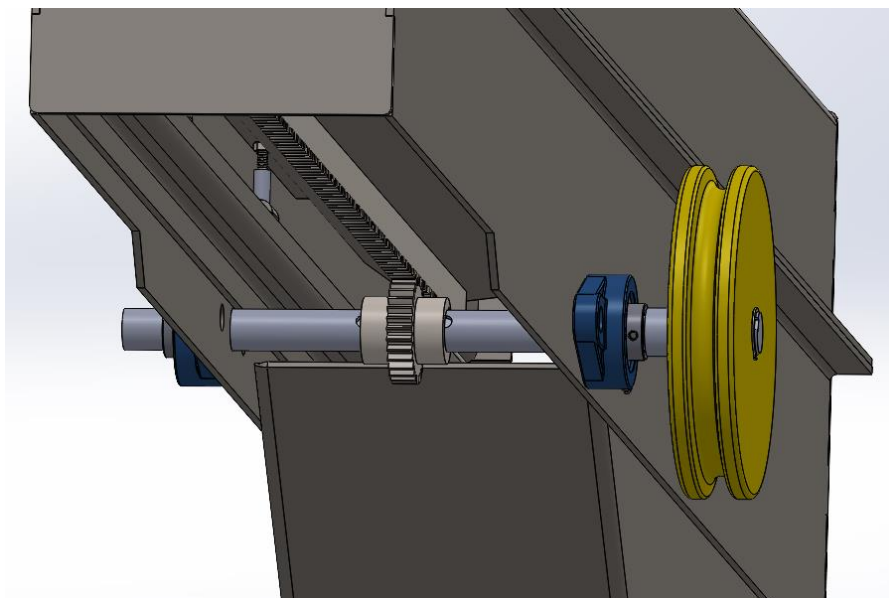


Figura 67: sistema de movimiento de compuerta

La compuerta propiamente dicha se desplaza gracias a 6 rodamientos 6002, guiados por una chapa plegada, soldada a las chapas laterales de la estructura.

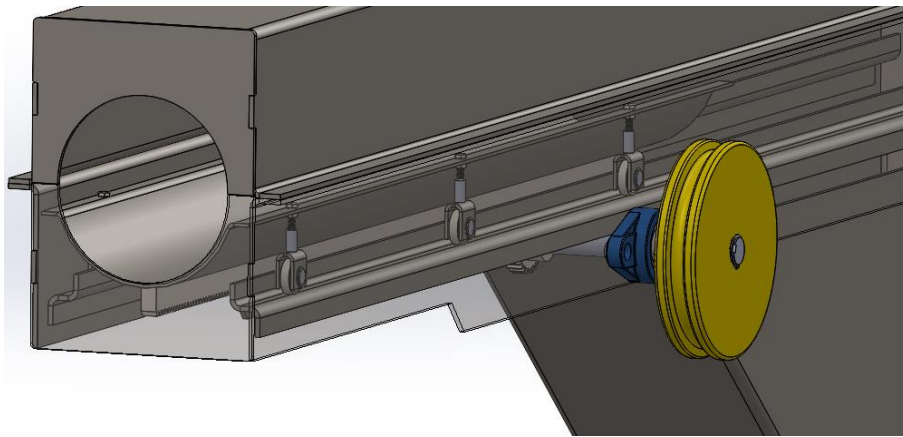


Figura 68: compuerta

La polea inferior permite que se lleve a cabo el movimiento de apertura y cierre de la compuerta. Se coloca sobre la cara lateral de la columna, sujeta por bulones, a una altura conveniente respecto del nivel del piso (1200 mm).

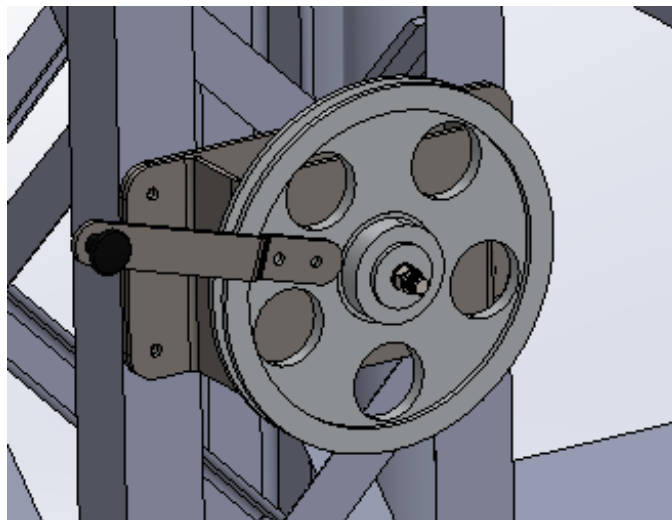


Figura 69: polea inferior

Por otro lado, las poleas guías superiores son las encargadas de direccionar el cable desde la polea inferior hacia la superior, evitando que haya roces o interferencias con otros componentes. Para facilitar su mantenimiento, se colocan por encima de la pasarela.

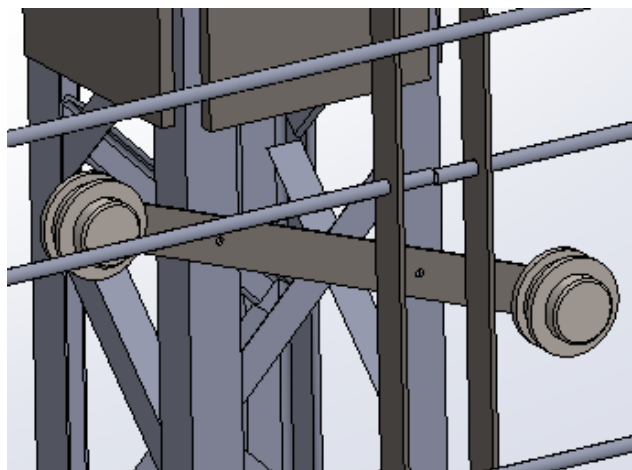


Figura 70: poleas guías superiores

4.2.8. Córners o Esquinas de reenvío

Dentro del segundo subsistema antes nombrado se encuentran los córners o cajas de reenvío, encargados de cambiar el sentido de la cadena de forma horizontal a vertical (y viceversa). Los diseños de cada uno varían según su funcionalidad y ubicación, pudiendo distinguirse 4 tipos

1. Córner Estándar Inferior
2. Córner Estándar Superior
3. Córner Tensor
4. Córner Motor

Es importante destacar que para la fabricación de los paneles que conforman a los 4 córners se utiliza chapa de espesor 4,76 mm (3/16”), algunas de ellas plegadas, con uniones abulonadas y/o soldadas. Otra característica en común es la rueda dentada ubicada en el interior, habiendo sido ésta calculada anteriormente.

Para el diseño de estos componentes se tuvo en cuenta:

- Facilidad de construcción
- Facilidad de mantenimiento: paneles desmontables para recambio, inspección y/o tareas preventivas.
- Funcionalidad:
 - En el interior: evitar zonas “muertas” en las que pudiesen quedar restos de granos, polvo y demás materiales arrastrados durante la marcha del sistema.
 - En el exterior: evitar planos en donde pueda acumularse agua, lo que produce corrosión en la chapa.

Los ejes de las esquinas son soportados mediante porta rodamientos UCF 212 (ejes de diámetro 60 mm) y UCF 214 (eje de diámetro 70 mm), según la siguiente tabla:

Unit No.	Shaft Dia.		Dimensions (in.) (mm)										Bolt Used (in.)	Bearing No.	Housing No.	Weight (lbs.)
	d (in.)	d (mm)	A	E	I	G	L	S	Z	Bi	N	M				
UCF 212-36 212	2 1/8	60	6 7/8	5 1/8	1 1/8	2 1/2	1 1/8	4 1/8	2 1/2	2.5630	1.0000	1.5630	1/2	UC 212-36 212	F 212	9.4
212-38 212-39	2 1/8	70	7 1/8	5 1/8	1 1/8	2 1/2	1 1/8	4 1/8	2 1/2	2.5630	1.0000	1.5630				
UCF 213-40 213	2 1/8	65	7 1/8	5 1/8	1 1/8	2 1/2	1 1/8	4 1/8	2 1/4	2.5630	1.0000	1.5630				
UCF 214-43 214-44 214	2 1/8	70	7 1/2	5 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	4 1/2	2 1/2	2.9370	1.1890	1.7480	1 1/8	UC 214-43 214-44 214	F 214	13.9
UCF 215-47 215 215-48	2 1/8	75	7 1/2	5 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	4 1/2	2 1/2	3.0630	1.3110	1.7520				
	3	200	6 1/2	4 1/2	1 1/2	2 1/2	1 1/2	4 1/2	2 1/2	77.8	33.3	44.5				

Tabla 10: porta rodamientos UCF

Es importante destacar que el porta rodamiento no se vincula a la chapa del córner de manera directa, sino que se coloca otra chapa plegada entre ambos componentes, cuyas dimensiones son tales que abarcan la mayor superficie posible del lateral. Esto permite distribuir los esfuerzos que genera el eje de forma pareja, disminuyendo así las tensiones a las que se somete el córner estructuralmente.

A continuación, se muestran las características principales de cada una de las esquinas de reenvío.

1) Córner Estándar Inferior

Es una de las esquinas más sometidas a la abrasión de los granos, ya que recibe toda la carga y la eleva, ya sea durante el llenado de los silos o en un transilado (movimiento de granos entre silos).

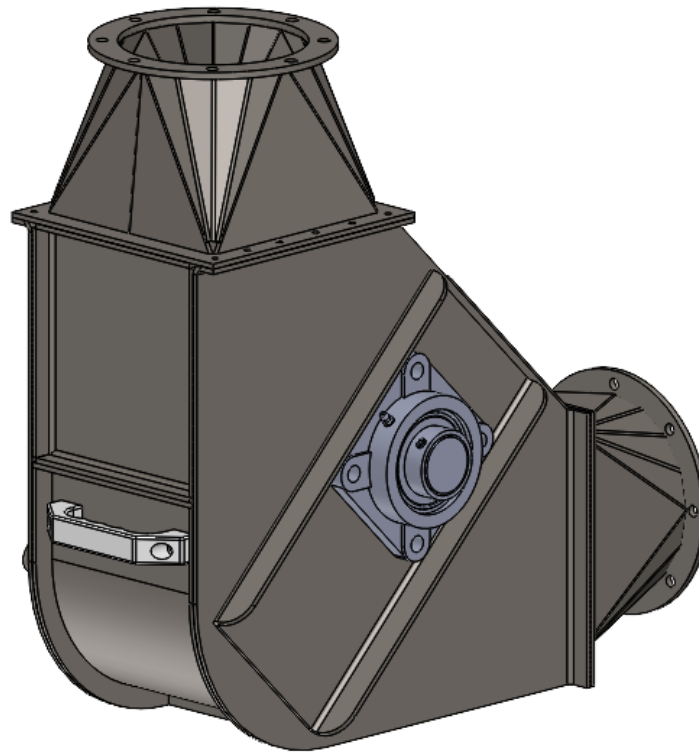


Figura 71: Vista isométrica córner estándar inferior

El panel posterior de la parte inferior posee una manija plástica, que facilita la tarea de desmontaje del mismo. Esto es así debido a que puede quedar grano depositado en esa zona del córner, por lo que es necesario quitarlo luego del movimiento de los mismos.

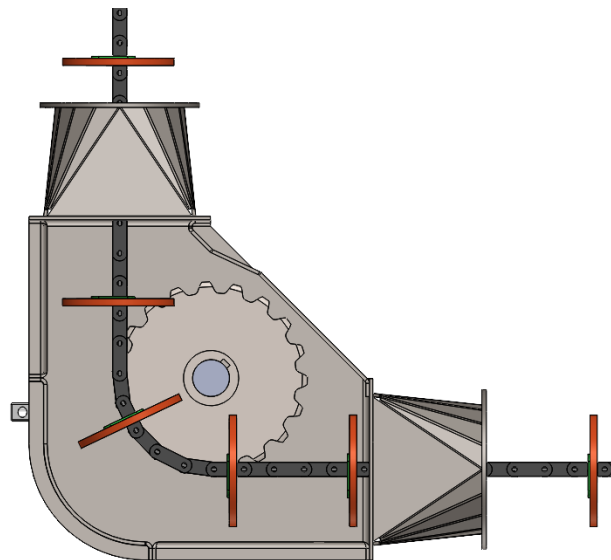


Figura 72: Vista lateral córner estándar inferior

Soporte inferior

El anclaje del córner al piso se realiza mediante una chapa plegada de 12,7 mm (1/2") de espesor. La misma permite regular la altura mediante 2 varillas roscadas, "absorbiendo" así las imperfecciones del suelo que puedan afectar al montaje. A su vez, la fijación al piso se realiza mediante tornillos tirafondo, asegurando rigidez y

evitando movimientos indeseados. En este caso no se utiliza anclaje químico debido a que, en caso de realizar una ampliación del sistema, es necesario desplazar este córner.

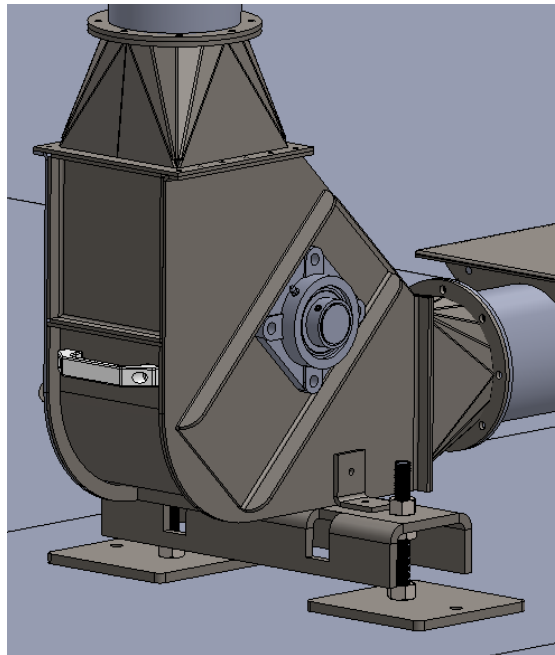


Figura 73: Vista isométrica – soporte inferior córner estándar inferior

2) Córner Estándar Superior

El diseño es similar al anterior, a excepción de la tapa extraíble. Para evitar la acumulación de agua, se utiliza una sola chapa (plegada, a la que se le sueldan los laterales para fijación) en la parte superior, y una tapa de inspección (con su respectiva manija) en la parte posterior.

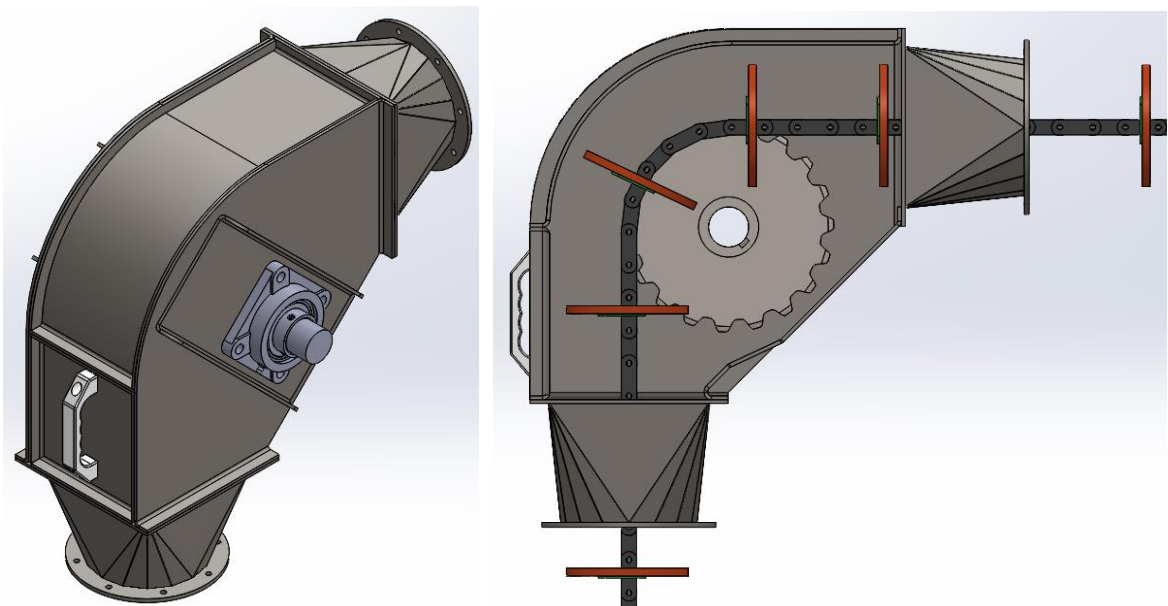


Figura 74: Vista isométrica y vista lateral córner estándar superior

3) Córner Tensor

Encargado de otorgarle la tensión adecuada a la cadena, mediante un sistema de varillas roscadas que elevan a la rueda dentada principal. Como la posición de la misma es variable, es necesario colocar una segunda rueda dentada, con la finalidad de mantener la posición relativa entre el caño horizontal y la cadena con los discos.

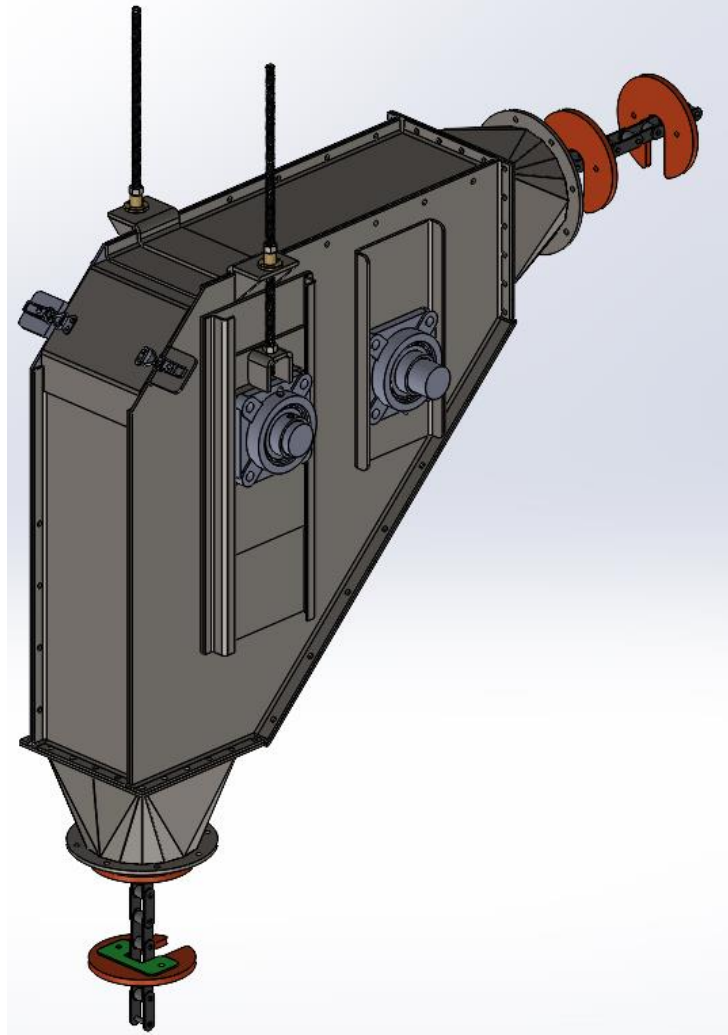


Figura 75: Vista isométrica córner tensor

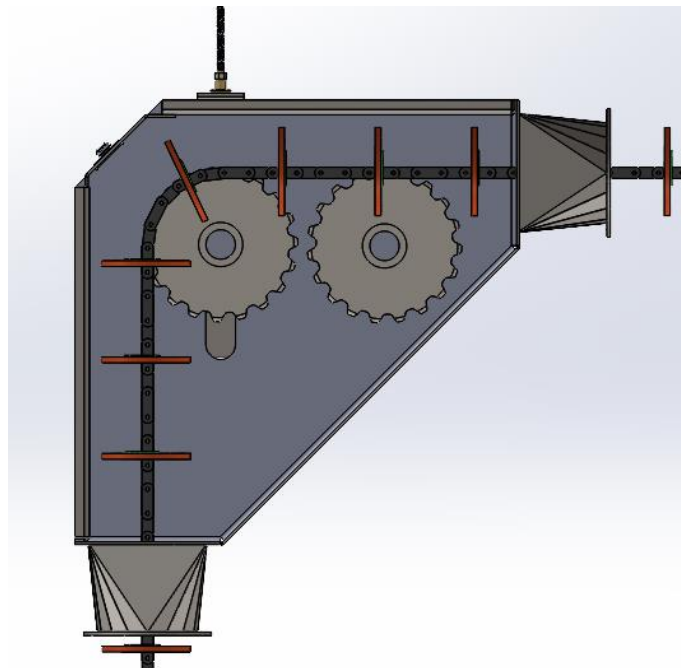


Figura 76: Vista lateral córner tensor (rueda dentada en posición de máxima tensión)

Esta esquina no recibe granos, por lo cual la abrasión es mínima.

Sistema de tensado

Como se mencionó, el tensado se logra gracias a 2 varillas roscadas, que elevan tanto al eje como a la rueda dentada principal. La estructura general del tensor se construye en chapa de 6,35 mm de espesor (1/4"), lo que ofrece resistencia y durabilidad ante las sollicitaciones durante el funcionamiento.

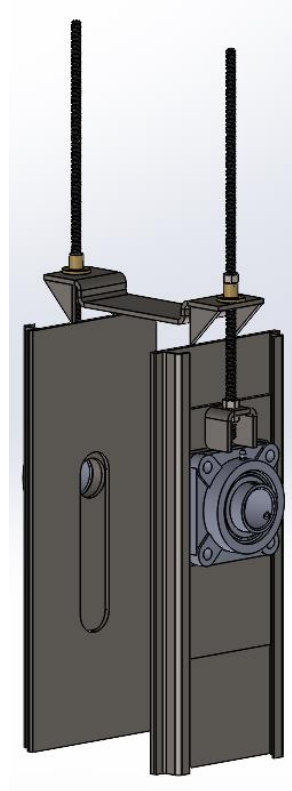


Figura 77: sistema de tensado

Varillas roscadas y tuercas

Las características de las varillas son:

- Rosca: cuadrada (rosca ACME)
- Diámetro: 19,05 mm (3/4")
- Paso: 4 (hilos/pulg)
- Material: acero SAE 1026
- Largo: 750 mm (cada una)

Por su parte, las tuercas son del tipo ACME, con el mismo diámetro y paso que las varillas roscadas. No obstante, el material de las mismas es bronce.



Figura 78: varilla roscada y tuerca guía ACME

4) Córner Motor

Contiene a la rueda dentada y al eje motor, conectado al eje de salida del reductor. Debido a esto, el porta rodamiento es de mayor tamaño comparado con los anteriores.

Posee una tapa de inspección en la parte baja posterior, vinculada mediante 4 bulones “mariposa”, para facilitar su montaje y desmontaje.

Al igual que el anterior, por este no circulan granos, por lo que la acción abrasiva dentro del mismo es prácticamente nula.

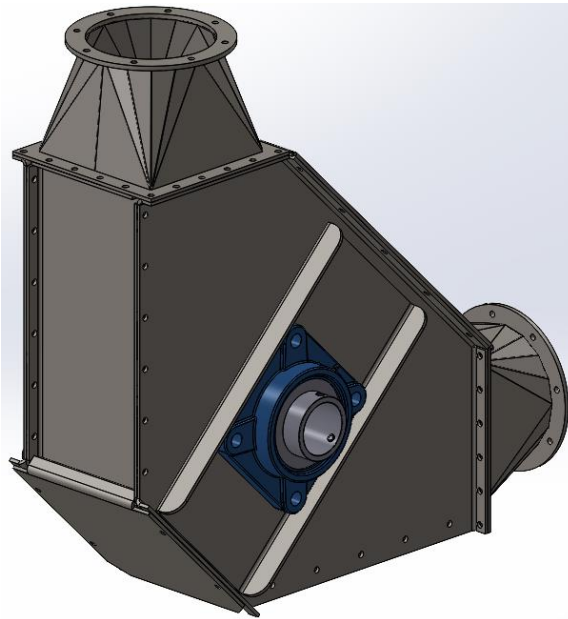


Figura 79: Vista isométrica córner motor

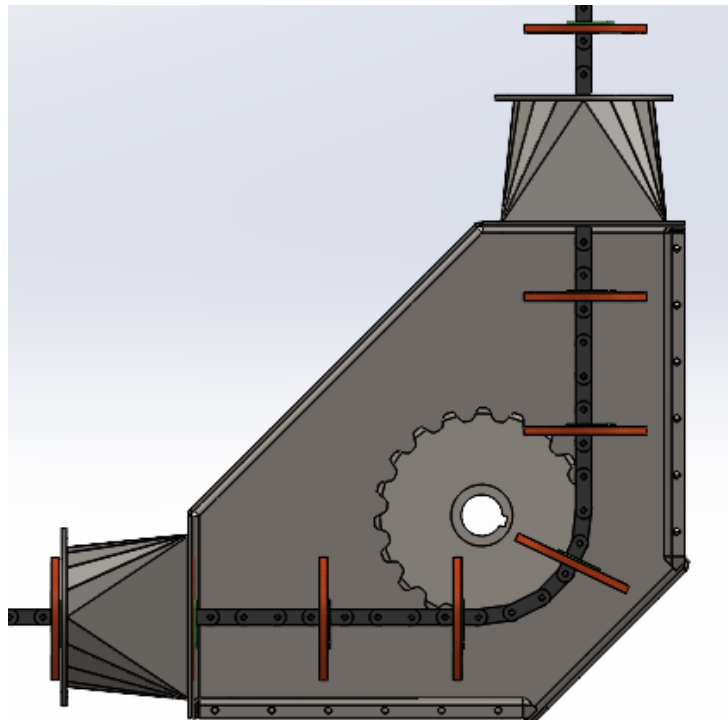


Figura 80: Vista lateral córner motor

Anclaje inferior

Al igual que la caja de reenvío estándar inferior, este córner es soportado por una chapa plegada de 12,7 mm de espesor (1/2"), con 2 varillas roscadas para una mejor alineación durante el montaje.

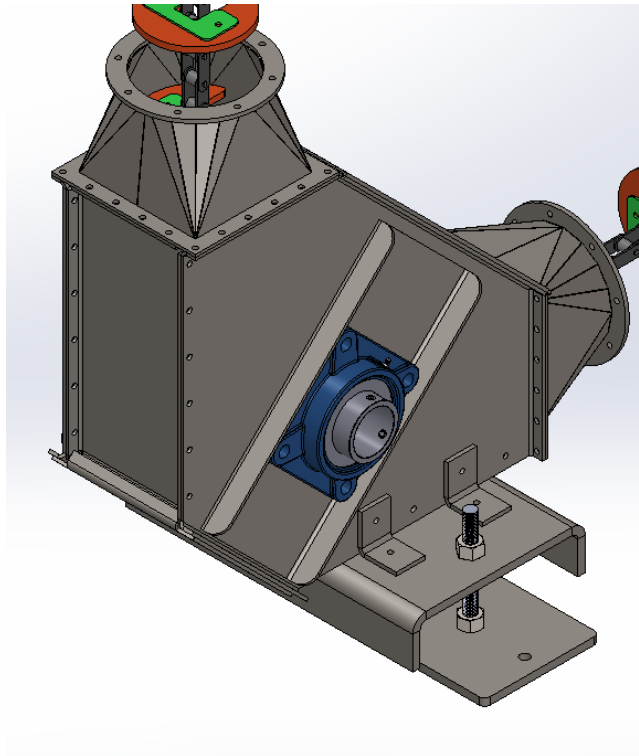


Figura 81: anclaje inferior córner motor

4.2.8.1. Árboles

Encargados de permitir el movimiento de giro de las ruedas dentadas del sistema. Se fabrican de acero al carbono SAE 4140. La transmisión del movimiento se da gracias a una chaveta, por lo que los ejes poseen un alojamiento (chavetero) para colocar el engranaje.

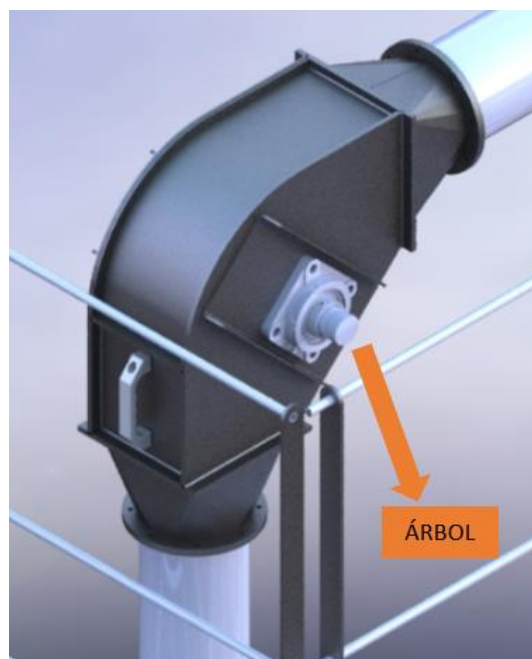


Figura 82: árbol de córner estándar superior

Los diámetros de los mismos son variables, siendo:

- Diámetro 70 mm el conductor (salida del reductor de engranajes).
- Diámetro 60 mm los conducidos.

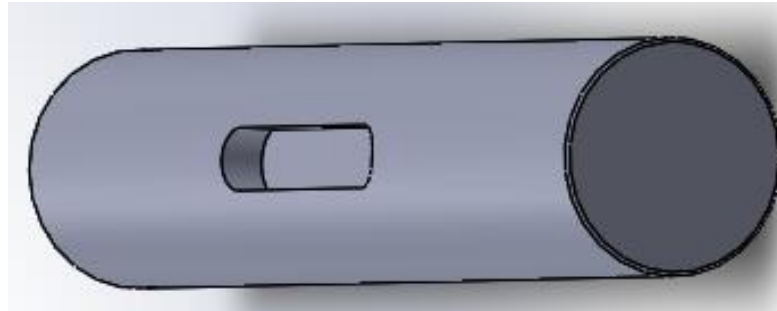


Figura 83: eje conducido

4.2.8.1.1. Cálculo de los árboles + chavetas

Árbol conducido + chaveta

Plano de fuerzas:

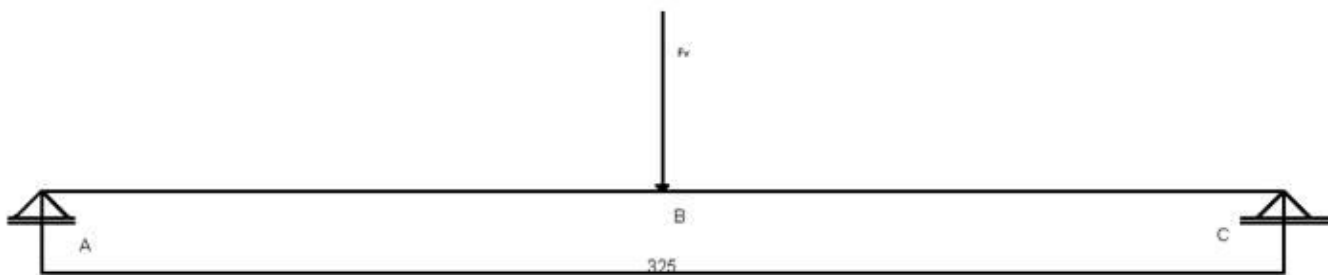


Figura 84: modelado de árbol conducido

Siendo:

- F_v = tensión de la cadena

La fuerza que actúa en el plano vertical se compone de la tensión de la cadena y el peso del engranaje.

Se considera que la fuerza flectora que ejerce la cadena actúa en un solo plano, ya que en el ramal flojo no se tiene en cuenta la tensión de la cadena (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, pág. 338).

MATERIAL:

- Acero SAE 4140

$\sigma_r = 9140 \text{ kg/cm}^2$ (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 9, Pag 747)

$\sigma_{fl} = 8085 \text{ kg/cm}^2$ (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 9, Pag 747)

Coefficientes para calcular la tensión de fatiga:

- K_a : 1,2 (mecanizado) (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 9, Pág. 747)
- K_b : 0,85 (factor de tamaño) (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Pág. 150)
- K_c : 1 (el eje se encuentra sometido solamente a flexión) (Shigley, 5ta Ed, pág. 320)

$$\sigma_{fat'} = 0,5 * \sigma_r$$

$$\sigma_{fat}' = 0,5 * 9140 \frac{kg}{cm^2} = 4570 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{fat} = k_a * k_b * k_c * \sigma_{fat}' = 1,2 * 0,85 * 1 * 4570 \frac{kg}{cm^2} = 4661,4 \frac{kg}{cm^2}$$

La fuerza que actúa en la sección B es:

- Momento torsor que aplica el motor y reductor: 1500 Nm
- Diámetro del engranaje: 251,5 mm
- Fuerza de la cadena (fv):

$$F_v = M_t * \frac{D}{2} = \frac{(1500 \text{ Nm})}{\frac{0,2515}{2}} = 11928 \text{ N} = 1216 \text{ kg}$$

Las reacciones en los apoyos serán:

$$R_a = R_b = \frac{F_v}{2} = \frac{1216 \text{ kg}}{2} = 608 \text{ kg}$$

El máximo momento flector se tendrá en la sección B:

$$M_{fb} = F_v * \frac{L}{2} = 1216 \text{ kg} * \frac{32,5}{2} \text{ cm} = 19760 \text{ kg} * \text{cm}$$

El esfuerzo al que está sometido es alternativo simétrico puro, por lo tanto, basándose en las ecuaciones de Faïres pág. 150 se tiene que:

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{fl}} + k_f * \frac{\sigma_e}{\sigma_{fat}}$$

- N=2
- $\sigma_{max} = -\sigma_{min}$, por lo tanto $\sigma_m = 0$
- Kf=2 (chavetero sometido a flexión)
- $\sigma_{fat} = 4661 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma_e = \frac{M_{fb}}{W_n}$

Remplazando en la ecuación:

$$\frac{1}{N} = k_f * \frac{\sigma_e}{\sigma_{fat}}$$

$$\frac{1}{N} = k_f * \frac{M_{fb}}{W_n \sigma_{fat}}$$

Despejando:

$$W_x = 16,95 \text{ cm}^3$$

Sabiendo que:

$$W_x = \pi * \frac{d^3}{32}$$

$$d = 5,56 \text{ cm}$$

Se seleccionará un árbol de 60 mm.

Cálculo de chaveta

- Diámetro eje = 60 mm

Se obtienen las siguientes dimensiones para el chavetero: (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 19, Pag 767)

- b=15,9 mm
- t=11,1 mm
- Mt=15296 kg*cm

La fuerza resistente será:

$$Fr = \pi * \frac{Mt}{d} =$$

Siendo:

- Fr: fuerza resistente
- Mt: momento torsor aplicado
- D: diámetro del eje

Remplazando y resolviendo:

$$Fr = \pi * \frac{15296 \text{ kgcm}}{6 \text{ cm}} = 8008,97 \text{ kg}$$

Se coloca una chaveta SAE 1035 laminada simple:

- $\sigma_r = 5976 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 7, Pag 744)
- $\sigma_{fl} = 3867 \text{ kg/cm}^2$ (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Tabla AT 7, Pag 744)
- N=2, Choque ligero (Diseño de Elementos de Maquinas, V.M Faires, Pág. 367)

Se calcula la tensión normal admisible:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{N}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{3867 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2} = 1933,5 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula la tensión de corte admisible:

$$\tau_{adm} = \sigma_{fl} * 0,6$$

$$\tau_{adm} = 3867 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,6 = 2320,6 \text{ kg/cm}^2$$

Se realizan dos verificaciones:

Verificación por corte

$$Fc = \tau_{adm} * Ac$$

$$Fc = 2320,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1,59 \text{ cm} * 5 \text{ cm} = 18444 \text{ kg}$$

Como $F_c > F_t \rightarrow$ verifica al corte.

Verificación por aplastamiento

En primer lugar, se calcula el área de aplastamiento:

$$Aa = \frac{t}{2} * L = \frac{1,11 \text{ cm}}{2} * 5 \text{ cm} = 2,77 \text{ cm}^2$$

Fuerza de aplastamiento

$$Fa = \sigma_{adm} * Aa = 1933,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2,77 \text{ cm}^2 = 5355,8 \text{ kg}$$

Como $Fa < Ft$, no verifica por lo tanto se va a aumentar el largo L.

Con este nuevo largo se va a calcular el área de aplastamiento:

$$Aa = \frac{t}{2} * L = \frac{1,11 \text{ cm}}{2} * 7,5 \text{ cm} = 4,16 \text{ cm}^2$$

Nueva fuerza de aplastamiento

$$Fa = \sigma_{adm} * Aa = 1933,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 4,16 \text{ cm}^2 = 8043,36 \text{ kg}$$

De esta forma, se comprueba que, con el largo propuesto, se verifica al aplastamiento.

Selección de rodamientos

Se colocan en los apoyos porta rodamientos UCF 212 H, cuyas características principales son:

Estas unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada cumplen con las normas industriales japonesas (JIS). Están formadas por un rodamiento de inserción, con un aro interior prolongado y fijación con tornillo, y son adecuadas para aplicaciones en las que el sentido de giro es constante o alternado. El rodamiento está montado en un soporte de fundición, que puede atornillarse a la pared o al marco de la máquina. Las unidades de rodamientos de bolas pueden admitir una desalineación inicial moderada, pero normalmente no permiten el desplazamiento axial.

- Resisten altos niveles de contaminación
- Diseñados para altas temperaturas y velocidades
- Soportan cargas relativamente pesadas
- Rentables
- Fáciles de conseguir



Figura 85: porta rodamiento UCF212H

Árbol conductor + chaveta

Esfuerzos aplicados:

- Momento torsor constante: 15296 kg*cm
- Momento flector en B -> Mfb = 19760 kg*cm

Se deduce que la sección más comprometida es la sección B, ya que la carga que genera el momento flector se aplica en ese punto.

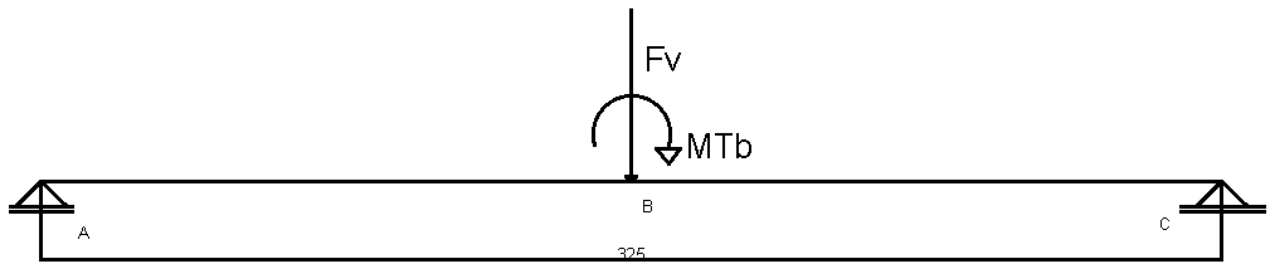


Figura 86: modelado del árbol conductor

Como se tienen esfuerzos de corte y normales se aplica teoría de Falla de Guest:

$$\frac{1}{N}^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{fat}^2} + \frac{\tau_e^2}{\tau_{fat}^2}$$

Desglosando:

- $N=2$
- $\sigma_{fat} = 4661 \frac{kg}{cm^2}$
- $\sigma_e = k_f * \frac{M_{fb}}{W_n}$
- $\tau_{fat} = 0,5\sigma_{fat}$

Según Diseño de Elementos de Máquinas, V.M. Faires, pág. 313:

$$\frac{\tau_{fa}}{\tau_{fl}} = \frac{\sigma_{fa}}{\sigma_{fl}}$$

Por lo tanto:

$$\frac{\tau_{fa}}{\tau_{fl}} = \frac{4661}{8085} = 0,57$$

$$\tau_e = \frac{\tau_{fat}}{\tau_{fl}} * \tau_m$$

$$\tau_m = \frac{M_{tb}}{W_p}$$

$$W_p = 2W_n$$

$$\tau_e = 0,35 * \frac{M_{tb}}{2W_n}$$

Finalmente:

2. Mediante la toma de fuerza del tractor

En caso de un corte del suministro eléctrico, el carro móvil facilita la tarea de desmontar las correas, para conectar la barra de mando a la toma de fuerza.

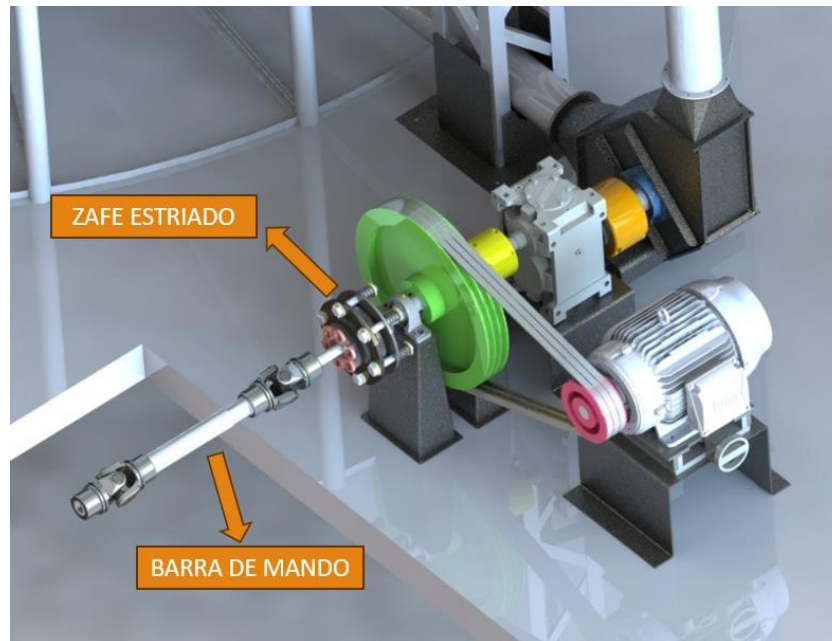


Figura 88: disposición de sistema de transmisión (accionamiento mediante barra de mando)

El reductor de engranajes se coloca sobre una base de chapa de acero al carbono plegada, y se abulona al piso con anclajes químicos, para evitar movimientos y desajustes propios de las vibraciones durante la marcha. Por su parte, el motor eléctrico se sitúa encima de una base móvil, necesaria para acoplar y desacoplar las correas de manera rápida y con el mínimo esfuerzo físico, cuando no haya suministro eléctrico (y se use la toma de fuerza). Dicha base móvil se coloca sobre una chapa plegada, similar a la utilizada para el reductor.

Tanto el eje de entrada como el eje de salida del reductor están vinculados al eje de entrada del sistema y al eje motor, respectivamente, mediante acoples a cadena. Los mismos admiten ciertas desalineaciones entre los ejes a conectar, además de su facilidad para el montaje y desmontaje de ellos.

4.3.2. Eje de entrada al sistema

El eje de entrada permite el accionamiento del reductor de las 2 maneras antes mencionadas.

En el extremo posee un estriado de 6 dientes, que se vincula a un acople de zafe. Como indica el nombre, este dispositivo actúa como protección en caso de una sobrecarga durante el uso con la toma de fuerza.

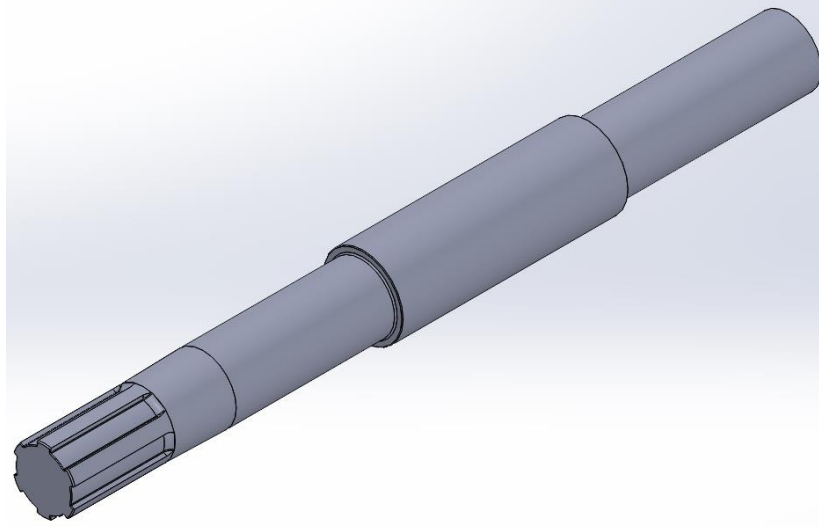


Figura 89: eje de entrada al sistema



Figura 90: zafe estriado

Está soportado por 2 porta rodamientos UCP210 (diámetro de eje 50 mm). A su vez, una chapa plegada hace de soporte inferior, como se observa en la siguiente figura. El anclaje al piso se logra mediante tornillos tirafondo cabeza hexagonal W5/16x3”.



Figura 91: rodamiento UCP 210 + soporte

4.3.3. Protección de motor y reductor

El sistema de tracción antes mencionado se encuentra protegido por una estructura de perfiles cuadrados de 20x20x2 mm y metal desplegado, que impide que un operario pueda introducir su mano.

Son 3 partes, para facilitar así el montaje y desmontaje.

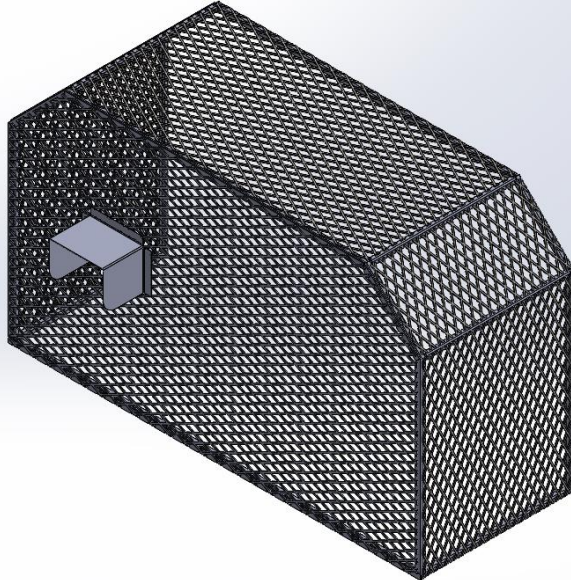


Figura 92: parte frontal de protección de motor y reductor

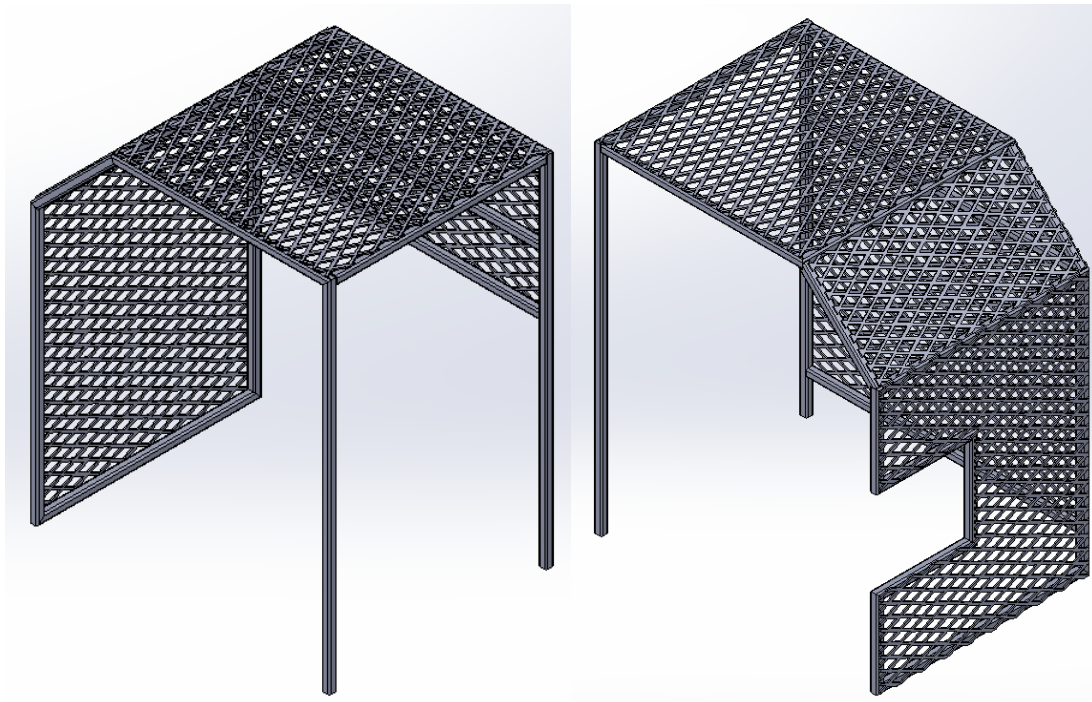


Figura 93: parte trasera izquierda y derecha de protección de motor y reductor

En caso de necesitar desmontar las correas (debido a un corte de suministro eléctrico) para poder trabajar con la toma de fuerza del tractor, es posible acceder a las mismas moviendo el panel frontal únicamente.

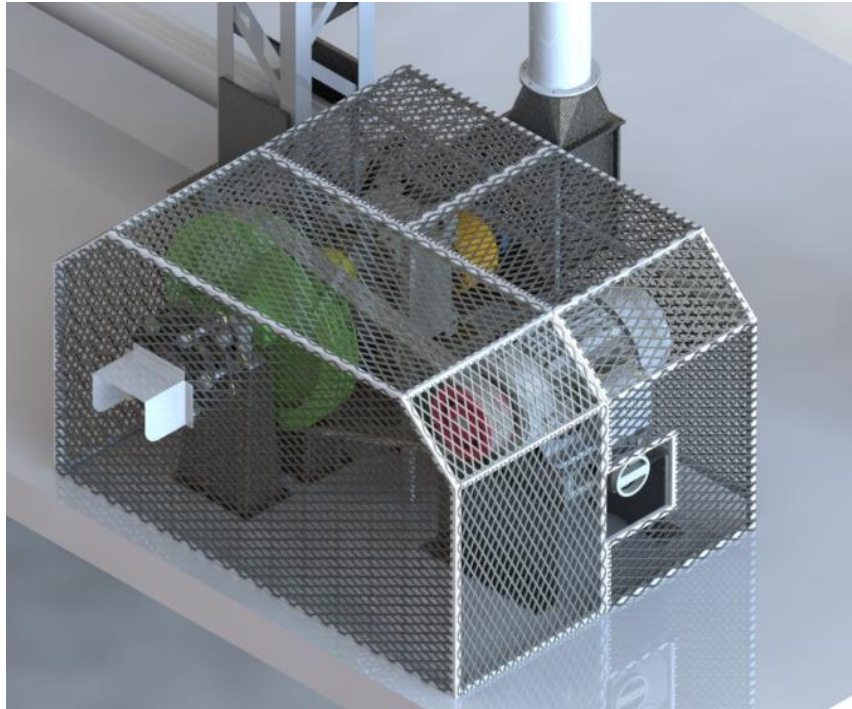


Figura 94: disposición en planta de protección de motor y reductor

El cálculo de los dispositivos de transmisión se muestra a continuación.

4.3.4. Cálculo del motor eléctrico

Según el catálogo de AGI (fabricante estadounidense), para seleccionar el motor eléctrico se debe seguir el siguiente criterio:

- Por metro vertical $\rightarrow 0,66$ (HP/m_v)
- Por metro horizontal $\rightarrow 0,16$ (HP/m_h)

De esta forma, para nuestro sistema:

- Metros en vertical $\rightarrow 9,5$ metros verticales
- Metros en horizontal $\rightarrow 2 \times 23$ (m) = 46 metros horizontales

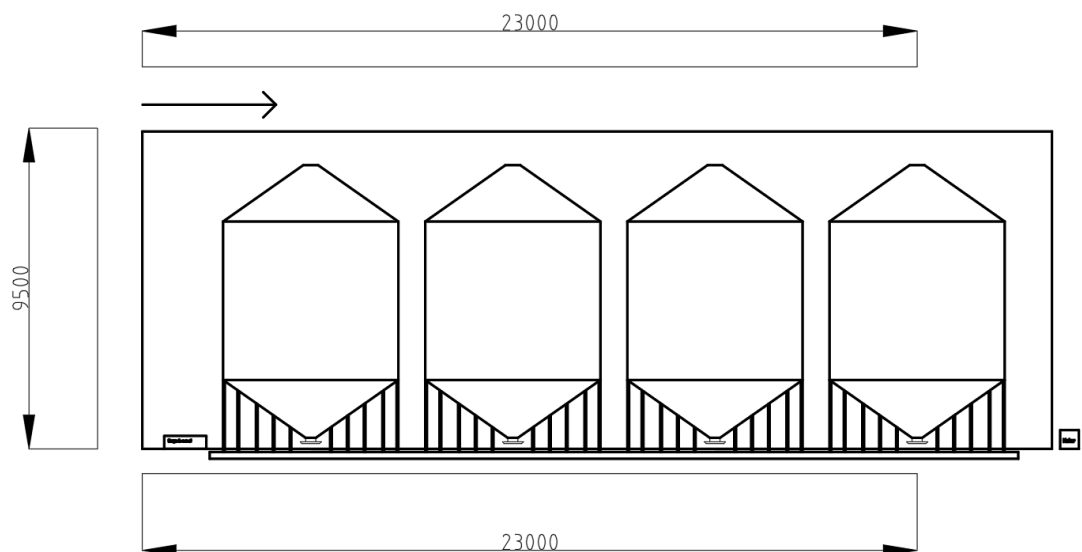


Figura 95: dimensiones principales del sistema de transporte

Así:

- $0,66 \text{ (HP/m}_v) * 9,5 \text{ (m}_v) = 6,27 \text{ HP}$
- $0,16 \text{ (HP/m}_h) * 46 \text{ (m}_h) = 7,36 \text{ HP}$

De esta forma, sumando ambas potencias es posible observar que serán necesarios, como mínimo, 13,63 HP.

Selección del motor pensando en la ampliación

Como la ampliación futura implica colocar 3 silos más en forma lineal, el valor que varía es el que corresponde a los metros horizontales.

De esta forma:

- Metros en vertical \rightarrow 9,5 metros verticales
- Metros en horizontal $\rightarrow 2 \times 41 \text{ (m)} = 82 \text{ metros horizontales}$

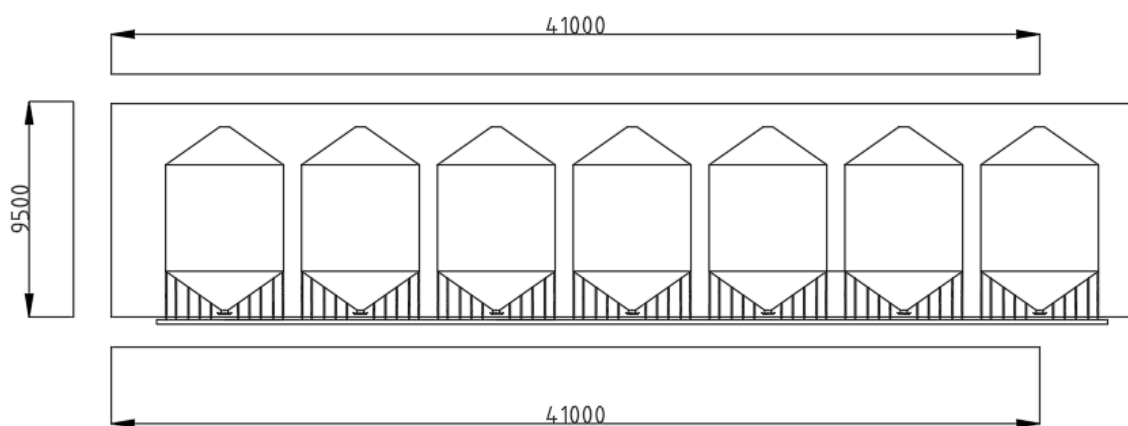


Figura 96: dimensiones principales sistema de transporte (planta ampliada)

Así:

- $0,66 \text{ (HP/m}_v) * 9,5 \text{ (m}_v) = 6,27 \text{ HP}$
- $0,16 \text{ (HP/m}_h) * 82 \text{ (m}_h) = 13,12 \text{ HP}$


Sumando estos valores, se observa que serán necesarios 19,39 HP para el correcto funcionamiento del sistema ampliado.

Con el objetivo de evitar un cambio de motor al momento de realizar la ampliación, seleccionamos un motor de 25 HP de la marca WEG.

MOTOR WEG W22 IE1 25 HP 4P 180M 3F 380/660 V 50 Hz IC411 - TEFC - B34R(E)



Figura 97: motor eléctrico WEG W22 25 HP

HOJA DE DATOS			
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula			
Cliente	:		
Línea del producto	: W22 IE1 Trifásico	Código del producto :	13039840
Carcasa	: 180M	Tiempo de rotor bloqueado	: 12s (frío) 7s (caliente)
Potencia	: 18.5 kW (25 HP)	Elevación de temperatura	: 80 K
Polos	: 4	Régimen de servicio	: S1
Frecuencia	: 50 Hz	Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C
Tensión nominal	: 380/660 V	Altitud	: 1000 m
Corriente nominal	: 38.0/21.9 A	Grado de protección	: IP55
Corriente de arranque	: 285/164 A	Método de refrigeración	: IC411 - TEFC
Ip/In	: 7.5	Forma constructiva	: B34R(E)
Corriente en vacío	: 17.4/10.0 A	Sentido de giro ¹	: Ambos
Rotación nominal	: 1477 rpm	Nivel de ruido ²	: 61.0 dB(A)
Resbalamiento	: 1.53 %	Método de Arranque	: Partida directa
Torque nominal	: 120 Nm	Masa aproximada ³	: 166 kg
Torque de arranque	: 270 %		
Torque máximo	: 310 %		
Clase de aislamiento	: F		
Factor de servicio	: 1.00		
Momento de inercia (J)	: 0.1398 kgm ²		
Categoría	: N		

4.3.5. Cálculo de la reducción

4.3.5.1. Primera etapa: reducción por correas y poleas

Para esta etapa de reducción mediante las correas y poleas se recomienda que la relación de reducción sea menor a 5. Por esto, se decide utilizar una relación de 3.

Suponiendo un diámetro de la polea conductora (colocada en el eje del motor) de 200 mm, y según la relación de reducción anterior:

$$\Phi_{polea\ conductora} = 200\ mm$$

$$r = \frac{\Phi_{polea\ conducida}}{\Phi_{polea\ conductora}} = 3 \Rightarrow \Phi_{polea\ conducida} = 3 * \Phi_{polea\ conductora}$$

$$\Phi_{polea\ conducida} = 3 * 200\ mm = 600\ mm$$

Además, sabiendo que el motor gira a 1477 rpm:

$$r = \frac{n_{1-motor}}{n_{2-polea\ conducida}} = 3 \Rightarrow n_{2-polea\ conducida} = \frac{n_{1-motor}}{3}$$

$$n_{2-polea\ conducida} = \frac{1477\ rpm}{3} = 492,33\ rpm$$

4.3.5.2. Segunda etapa: reductor de engranajes

Es necesario un reductor de ejes paralelos, con el fin de conectar al eje de entrada la polea de diámetro mayor, y el eje del engranaje conductor a la salida. Para ello, se realiza el cálculo y selección con el catálogo de STM.

Se utiliza la línea RXP del fabricante. Entonces, siguiendo los pasos sugeridos por el catálogo mencionado, se define el modelo del reductor.

Por otra parte, el rango de rpm en las que el engranaje conductor del sistema de transporte gira de forma eficiente varía entre 80 y 130 (dato obtenido de catálogos de fabricantes locales e internacionales). Con este dato, se calculan las relaciones de reducción máxima y mínima para el reductor.

$$r_{\min} = \frac{n_{entrada-polea}}{n_{salida-sistema}} = \frac{492,33\ rpm}{130\ rpm} = 3,79$$

$$r_{\max} = \frac{n_{entrada-polea}}{n_{salida-sistema}} = \frac{492,33\ rpm}{80\ rpm} = 6,15$$

Se determina así la relación de reducción debe estar entre 4 y 6, para que la velocidad de salida esté dentro del rango antes mencionado.

Utilizando la fórmula (catálogo de STM):

$$P_1 = \frac{T_{2n} * n_2 * 100}{9550 * RD\%} \quad (1)$$

Donde:

- $P_1(kW)$ → potencia de la máquina motriz
- $RD\%$ → rendimiento dinámico del reductor
- $T_{2n}(Nm)$ → par de salida nominal de la aplicación
- $n_2(rpm)$ → velocidad de giro en el eje de salida del reductor

En este caso, el valor P_1 es conocido, siendo éste de 25 HP, equivalentes a 18,5 kW. Debido a eso, se calcula el valor de T_{2n} , que aparece en la tabla de modelos existentes de reductores.

Se deben respetar las siguientes relaciones (catálogo de STM):

Potencia	Par/Momento torsor
$P_N * f_n \geq P_1 * F_s$ (2)	$T_N * f_n \geq T_{2n} * F_s$ (3)

Donde:

- $P_N(kW)$ → potencia nominal
- f_n → factor correctivo de las prestaciones
- $T_N(Nm)$ → par nominal
- F_s → factor de servicio del reductor

Cálculo de F_s

El factor de servicio es una multiplicación de 3 factores:

$$F_s = f_s * f_v * f_{Ga}$$

Siendo:

- $f_s \rightarrow$ factor de duración de funcionamiento
- $f_v \rightarrow$ número de arranques por hora
- $f_{Ga} \rightarrow$ factor de seguridad o grado de confiabilidad

Estos valores se obtienen de las tablas que ofrece el catálogo.

Premier moteur / Máquina motriz / Máquina motriz	h/d	Machine opératrice Máquina utilizadora Máquina utilizadora		
		U	M	S
Moteurs électriques, Turbines, Moteurs hydrauliques Motores eléctricos, Turbinas, Motores hidráulicos Motores elétricos, Turbinas, Motores óleo-dinâmicos	2	0.8	1.0	1.4
	4	0.9	1.12	1.6
	8	1.0	1.25	1.75
	16	1.25	1.5	2.0
	24	1.5	1.75	2.25
Moteurs alternatifs 4-6 cylindres Motores alternativos 4-6 cilindros Motores alternativos 4-6 cilindros	2	0.9	1.12	1.6
	4	1.0	1.25	1.75
	8	1.25	1.5	2.0
	16	1.5	1.75	2.25
	24	1.75	2.0	2.5
Moteurs alternatifs 1-3 cylindres Motores alternativos 1-3 cilindros Motores alternativos 1-3 cilindros	2	1.0	1.25	1.75
	4	1.25	1.5	2.0
	8	1.5	1.75	2.25
	16	1.75	2.0	2.5
	24	2.25	2.5	3.0

U = machine à charge uniforme M = machine avec chocs modérés S = machine avec chocs importants	U = máquina de carga uniforme M = máquina con golpes moderados S = máquina con golpes severos	U = máquina com carga uniforme M = máquina com choques moderados S = máquina com choques pesados
h/d = heures de fonctionnement journalier	h/d = horas de funcionamiento diario	h/d = horas de funcionamento diário

Tabla 10: factor de duración de funcionamiento f_s (reductor STM RPX)

Avv/h - Starts/minute - Anl./Std.	U	M	S
5 < Z ≤ 30	1.2	1.12	1.06
30 < Z ≤ 63	1.33	1.2	1.12
63 < Z	1.5	1.33	1.2

Tabla 11: número de arranques por hora f_v (reductor STM RPX)

Degré de fiabilité Criterios de selección Grau de fiabilidade	Degré de fiabilité élevé (difficulté d'entretien, grande importance du réducteur dans le cycle de production, sécurité pour les personnes, etc.) Grado de fiabilidad elevado (dificultad de mantenimiento, gran importancia del reductor durante el ciclo de producción, seguridad para las personas, etc.) Grau de fiabilidade elevado (dificuldades na manutenção, grande importância do reductor no ciclo produtivo, segurança pessoal, ecc....)
1.0	1.25 - 1.4

Tabla 12: criterio de selección o grado de fiabilidad f_{Ga} (reductor STM RPX)

Para el factor f_{Ga} se selecciona un valor de 1,3, siguiendo el criterio de la imagen anterior.

Finalmente:

$$F_s = 1,25 * 1 * 1,3 = 1,625$$

Por su parte, el valor f_n se considera para velocidades de entrada al reductor mayores a 1450 rpm. Como en este caso no se supera ese número:

$$f_n = 1$$

fn	Facteur correctif des performances Factor correctivo de las prestaciones Fator de correção dos desempenhos																																																										
Facteur correctif des performances nominales pour tenir compte des vitesses côté entrée $n_1 > 1450 \text{ min}^{-1}$	Factor correctivo de las prestaciones nominales para controlar las velocidades en entrada $n_1 > 1450 \text{ min}^{-1}$	Fator de correção dos desempenhos nominais para controlar as velocidades na entrada $n_1 > 1450 \text{ min}^{-1}$																																																									
fn	RX 700 Series	1.0	La valeur de T_N (2850 trs/mn) est indiquée dans les fiches techniques du produit Se indica el valor de T_N (2850 rpm) en las fichas técnicas del producto O valor de T_N (2850 rpm) é indicado nas fichas técnicas do produto																																																								
fn	RX 800 Series	n_1 [min^{-1}]	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">$i_N \leq 8$</th> <th colspan="2">$8 < i_N < 80$</th> <th colspan="2">$i_N \geq 80$</th> </tr> <tr> <th>T_N</th> <th>P_N</th> <th>T_N</th> <th>P_N</th> <th>T_N</th> <th>P_N</th> <th>T_N</th> <th>P_N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2750</td> <td>0.82</td> <td>1.56</td> <td>0.90</td> <td>1.71</td> <td>1.00</td> <td>1.90</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2400</td> <td>0.85</td> <td>1.41</td> <td>0.92</td> <td>1.52</td> <td>1.00</td> <td>1.66</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0.90</td> <td>1.24</td> <td>0.94</td> <td>1.30</td> <td>1.00</td> <td>1.38</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>1750</td> <td>0.94</td> <td>1.13</td> <td>0.97</td> <td>1.17</td> <td>1.00</td> <td>1.21</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>1450</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table>			$i_N \leq 8$		$8 < i_N < 80$		$i_N \geq 80$		T_N	P_N	T_N	P_N	T_N	P_N	T_N	P_N	2750	0.82	1.56	0.90	1.71	1.00	1.90	1.00	2400	0.85	1.41	0.92	1.52	1.00	1.66	1.00	2000	0.90	1.24	0.94	1.30	1.00	1.38	1.00	1750	0.94	1.13	0.97	1.17	1.00	1.21	1.00	1450	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		$i_N \leq 8$		$8 < i_N < 80$		$i_N \geq 80$																																																					
T_N	P_N	T_N	P_N	T_N	P_N	T_N	P_N																																																				
2750	0.82	1.56	0.90	1.71	1.00	1.90	1.00																																																				
2400	0.85	1.41	0.92	1.52	1.00	1.66	1.00																																																				
2000	0.90	1.24	0.94	1.30	1.00	1.38	1.00																																																				
1750	0.94	1.13	0.97	1.17	1.00	1.21	1.00																																																				
1450	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																																				

Tabla 13: factor correctivo de las prestaciones f_n (reductor STM RPX)

Despejando de la fórmula 1:

$$T_{2n} = \frac{9550 * P_1 * RD\%}{n_2 * 100}$$

Suponiendo una velocidad de salida de 100 rpm, y seleccionando un reductor de la línea RXP1 serie 800 (rendimiento dinámico 98%):

$$T_{2n} = \frac{9550 * 18,5 \text{ kW} * 98}{100 \text{ rpm} * 100} = 1731,42 \text{ Nm}$$

Verificando con las fórmulas 2 y 3:

Potencia	Par/Momento torsor
$P_N * 1 \geq 18,5 \text{ kW} * 1,625$ $P_N \geq 30,06 \text{ kW}$	$T_N * 1 \geq 1731,42 \text{ Nm} * 1,625$ $T_N \geq 2813,56 \text{ Nm}$

Ahora, ingresando al catálogo de la línea mencionada (RXP1 serie 800), se selecciona un reductor cuya relación r se encuentre dentro de los valores establecidos, y buscando que se cumplan las condiciones de potencia y par mínimo. Así:

Reductor STM RXP1 804 1:4,07

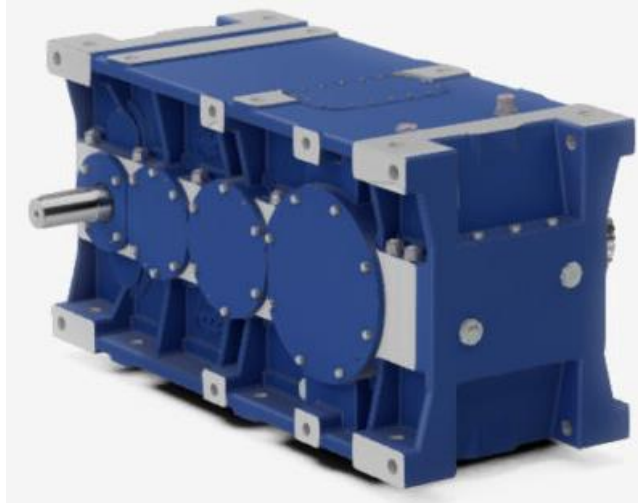


Figura 98: reductor STM RPX800

RX 800 $\frac{kg}{71}$ 802						103 804				
n_{11} min	i_r	n_2 min ⁻¹	P_N kW	T_N kNm	$\frac{F_{r2}}{F_{r1}}$ kN	i_r	n_2 min ⁻¹	P_N kW	T_N kNm	$\frac{F_{r2}}{F_{r1}}$ kN
1450	1.14	1277	191	1.4	10.1	1.11	1305	279	2.0	13.3
1000		881	141	1.5			900	212	2.2	
500		440	71	1.5			450	106	2.2	
1450	1.26	1153	185	1.5	9.6	1.24	1174	263	2.1	12.9
1000		795	136	1.6			810	199	2.3	
500		398	68	1.6			405	99	2.3	
1450	1.39	1040	178	1.6	9.4	1.38	1055	248	2.2	12.6
1000		717	123	1.6			727	187	2.4	
500		359	61	1.6			364	93	2.4	
1450	1.55	936	160	1.6	9.3	1.53	946	232	2.3	12.5
1000		646	117	1.7			652	174	2.5	
500		323	59	1.7			326	87	2.5	
1450	1.82	796	145	1.7	8.7	1.81	799	205	2.4	11.7
1000		549	106	1.8			551	153	2.6	
500		275	53	1.8			276	77	2.6	
1450	2.16	671	129	1.8	8.5	2.04	711	190	2.5	11.5
1000		463	94	1.9			490	141	2.7	
500		231	47	1.9			245	71	2.7	
1450	2.29	633	128	1.9	8	2.30	629	175	2.6	10.9
1000		436	93	2.0			434	134	2.9	
500		218	47	2.0			217	67	2.9	
1450	2.59	560	114	1.9	7	2.45	591	170	2.7	9.6
1000		386	82	2.0			407	126	2.9	
500		193	41	2.0			204	63	2.9	
1450	2.95	492	105	2.0	7	2.80	518	155	2.8	9.6
1000		339	76	2.1			357	114	3.0	
500		169	38	2.1			179	57	3.0	
1450	3.16	459	98	2.0	7	3.00	483	145	2.8	9.6
1000		317	71	2.1			333	110	3.1	
500		158	36	2.1			167	55	3.1	
1450	3.65	398	89	2.1	7	3.47	418	129	2.9	9.6
1000		274	64	2.2			288	99	3.2	
500		137	32	2.2			144	49	3.2	
1450	3.94	368	83	2.1	5.7	4.07	357	114	3.0	8.2
1000		254	60	2.2			246	81	3.1	
500		127	30	2.2			123	42	3.2	

Tabla 14: características de los reductores STM RPX 802-804

Recálculo de potencia y par según características del reductor seleccionado

$$T_{2n} = \frac{9550 * 18,5 \text{ kW} * 98}{123 \text{ rpm} * 100} = 1407,65 \text{ Nm}$$

Verificando con las fórmulas 2 y 3:

Potencia	Par/Momento torsor
$P_N * 1 \geq 18,5 \text{ kW} * 1,625$ $P_N \geq 30,06 \text{ kW}$	$T_N * 1 \geq 1407,65 \text{ Nm} * 1,625$ $T_N \geq 2287,43 \text{ Nm}$

Así, se verifica que el reductor preseleccionado es apto para el uso deseado, cumpliendo los requerimientos de potencia y torque necesarios.

Cálculo de la carga radial (F_r)

La carga F_r es aquella que actúa en forma radial sobre el eje rápido (eje de entrada) del reductor.

$$F_r = k * \frac{T}{d}$$

Donde:

- k → coeficiente en función del tipo de conexión entre el motor y el reductor
- T (Nm) → par en el eje de entrada al reductor
- d (mm) → diámetro de la polea

$Fr = k \cdot \frac{T}{d}$	Fr [N] Charge radiale approximative Carga radial estimativa Carga radial aproximativa	d [mm] Diamètre des poulies, roues Diámetro poleas, ruedas Diámetro das talhas, rodas	k Facteur de connexion Factor de conexión Fator de conexão	T [Nm] Moment de torsion Momento de torsión Momento torsor	
$k =$	7000	5000	3000	2120	2000
Transmissions Transmisiones Transmissões	Roues de frottement (caoutchouc sur métal) Ruedas de roce (goma en metal) Rodas de fricção (borracha no metal)	Courroies trapézoïdales Correas trapeziales Correias trapezoidais	Courroies dentées Correas dentadas Correias dentadas	Engrenages cylindriques Engranajes cilíndricos Engrenagens cilíndricas	Chaînes Cadenas Correntes

Tabla 15: selección de k según conexión del reductor

$$T = \frac{9550 * 18,5 \text{ kW} * 98}{500 \text{ rpm} * 100} = 346,28 \text{ Nm}$$

$$d = 600 \text{ mm}$$

$$F_r = 5000 * \frac{346,28 \text{ Nm}}{600 \text{ mm}} = 2885,66 \text{ N}$$

Como se observa, la carga radial calculada es menor que la “admisible” por el reductor, por lo que se verifica también esta condición.

Verificación de la potencia térmica

El catálogo de STM ofrece la siguiente fórmula para verificar la potencia térmica de los reductores:

$$P_1 \leq P_{tN} * f_m * f_a * f_d * f_p * f_f$$

Donde:

- P_{tN} (kW) → potencia térmica nominal
- f_m → factor correctivo de la posición de montaje
- f_a → factor correctivo de la altitud
- f_d → factor correctivo del tiempo de trabajo
- f_p → factor correctivo de la temperatura ambiente
- f_f → factor correctivo de la aireación con ventilación (NO APLICA YA QUE NO SE COLOCA UN VENTILADOR)

P_{IN}	Puissance thermique nominale Potencia térmica nominal Potencia tèrmica nominal																				
	RX 700 Series					RX 800 Series															
	704	708	712	716	720	802	804	806	808	810	812	814	816	818	820	822	824	826	828	830	832
RXP1	16	24	36	55	82	49	62	82	104	127	160	195	240	304	373	445	553	—	—	—	—
RXP2	—	21	32	45	61	30	39	51	66	82	104	127	160	195	252	304	373	445	553	—	—
RXP3	—	14	21	30	41	24	30	40	52	65	82	102	127	165	205	248	306	368	445	553	665
RXP4	—	—	—	—	—	17	21	27	34	43	53	68	84	101	127	156	195	236	289	365	440
La P _{IN} se rapporte à un environnement industriel ouvert; dans le cas d'environnements clos insuffisamment aérés, n'hésitez pas à nous consulter. La P _{IN} está referida a un ambiente industrial abierto; consultar en caso de ambientes cerrados con poca aireación. A P _{IN} refere-se a um ambiente industrial aberto; no caso de ambientes confinados pouco arejados, consulte-nos.																					

Tabla 16: potencia térmica nominal

f_m		RX 800 Series											
		ir	all	M1-M2-M6	M3-M5			M4					
			n_r										
RXP1	802-806	1.11-6.18	1	1	0-749	0-n _{1max}	750-1250	1251-1750	1751-n _{1max}	750-1250	1251-1750	1751-n _{1max}	
	808-814	1.13-2.08			1	1	1	1	1	1	1	1	1
		2.30-6.18			0.9	0.8	0.65	1	0.9	0.7	1	0.8	0.8
		1.11-2.08			0.95	0.85	0.7	1	0.9	0.8	0.9	0.8	0.65
		2.30-6.00			0.7	0.65	0.5	0.9	0.8	0.65	0.95	0.85	0.75
	816-824	1.11-2.08			0.7	0.65	0.5	0.9	0.8	0.65	0.95	0.85	0.75

Tabla 17: factor correctivo de la posición de montaje f_m

f_a	Facteur correctif de la hauteur Factor correctivo de la altitud Fator de correção da altitude					
	m	0	750	1500	2250	3000
	f _a	1	0.95	0.90	0.85	0.81

Tabla 18: factor correctivo de la altitud f_a

f_d	Facteur correctif du temps de travail Factor correctivo del tiempo de trabajo Fator de correção do tempo de trabalho					
	S3%	100	80	60	40	20
	f _d	1	1.05	1.15	1.35	1.8

Durée de un cycle / Cycle duration
Dauer eines Zyklus

Ciclo / Load / Belastung

$$S3 = \frac{N}{N + R} \cdot 100$$

Tabla 19: factor correctivo del tiempo de trabajo f_d

f_p	Facteur correctif de la température ambiante. Factor correctivo de la temperatura ambiente. Fator de correção da temperatura ambiente.						
	température ambiante temperatura ambient temperatura ambient	50 °C	40 °C	30 °C	20 °C	10 °C	0 °C
	f _p	0.63	0.75	0.87	1	1.12	1.25

Tabla 20: factor correctivo de la temperatura ambiente f_p

ff

Facteur d'aération
Factor de aireación
Fator de ventilação

RX 700 Series

ff	1	Réducteur sans ventilation forcée / Non ventilated gearbox / Redutor sem ventilação forçada
----	---	---

Le facteur correctif ff de la puissance thermique tenant compte de l'effet réfrigérant du ventilateur saisi en conformité avec les normes AGMA 6010.E88 les valeurs figurant au tableau. L'emploi est limité aux vitesses supérieures ou de l'ordre de 700 min⁻¹.

El factor correctivo ff de la potencia térmica que tiene en cuenta el efecto refrigerante del ventilador asume, de acuerdo a las normas AGMA 6010.E88, los valores que se indican en la tabla. El uso está limitado a las velocidades mayores o iguales a 700 min⁻¹.

O fator de correção ff da potência térmica que tem em conta o efeito refrigerante do microventilador, assume conforme as normas AGMA 6010.E88 os valores registrados na tabela. Seu emprego é limitado às velocidades maiores ou iguais a 700 min⁻¹.

RX 800 Series

ff	Type Tipo Tipo	Type ventilateur Tipo ventilador Tipo microventilador or	Note Notas Notas	
1.5	RXP1	VE	—	
		VS - VD		
1.25	RXP2 RXP3	VE	—	
1.5		V	—	
1.75		2V	—	
1.25		VS - VD	Côté moteur / Lado motor / Lado do motor	
1.5			Côté opposé moteur / Lado opuesto motor / Lado oposto do motor	

Tabla 21: factor correctivo de la aireación con ventilador ff

$$P_1 \leq 62 \text{ kW} * 1 * 1 * 1 * 0,87$$

$$18,5 \text{ kW} \leq 53,94 \text{ kW} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Nuevamente, el reductor seleccionado verifica el criterio de potencia térmica.

4.3.5.3. Recálculo de la primera etapa

Como el catálogo de reductores está calculado para velocidades de entrada mínimas de 500 (rpm), se vuelven a seleccionar los diámetros de las poleas de la primera etapa de reducción, para que la velocidad de salida sea lo más cercana posible a ese valor.

$$r = \frac{n_{1-motor}}{n_{2-polea\ conducida}} = \frac{1477 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm}} = 2,954$$

Analizando el catálogo de poleas, se elige que el diámetro de la polea conductora (conectada al eje del motor) sea de 220 mm, para que, considerando la relación de transmisión, el diámetro de la polea conducida exista en dicho catálogo (o sea lo más próximo posible)

$$r = \frac{\phi_{polea\ conducida}}{\phi_{polea\ conductora}} = 2,954 \Rightarrow \phi_{polea\ conducida} = 2,954 * \phi_{polea\ conductora}$$

$$\phi_{polea\ conducida} = 2,954 * 220 \text{ mm} = 649,88 \text{ mm}$$

Así, el diámetro de la polea conducida será de 650 mm, ya que es el valor comercial más cercano al calculado.

Finalmente, la relación de reducción de la primera etapa:

$$r = \frac{\phi_{polea\ conducida}}{\phi_{polea\ conductora}} = \frac{650 \text{ mm}}{220 \text{ mm}} = 2,954$$

Por su parte, la velocidad de salida:

$$r = \frac{n_{1-motor}}{n_{2-polea\ conducida}} = 2,954 \Rightarrow n_{2-polea\ conducida} = \frac{1477\ rpm}{2,954} = 500\ rpm$$

Recálculo de la carga radial (F_r)

La carga F_r es aquella que actúa en forma radial sobre el eje rápido (eje de entrada) del reductor.

$$F_r = k * \frac{T}{d}$$

$$T = \frac{9550 * 18,5\ kW * 98}{500\ rpm * 100} = 346,28\ Nm$$

$$d = 650\ mm$$

$$F_r = 5000 * \frac{346,28\ Nm}{650\ mm} = 2663,69\ N$$

4.3.6. Cálculo y selección de las correas

El cálculo y selección de las correas trapezoidales que se utilizan en la primera etapa de reducción se basa en el catálogo del fabricante Goodyear.

Antes de comenzar, es necesario recopilar los datos más importantes para el cálculo.

Dato	Descripción	Valor (unidad)
P_d	Potencia de diseño	18,5 (kW)
r	Relación de reducción/transmisión	2,954
n_1	Velocidad angular (mayor)	1477 (rpm)
n_2	Velocidad angular (menor)	500 (rpm)
D_1	Diámetro de la polea 1	220 (mm)
D_2	Diámetro de la polea 2	650 (mm)
C	Distancia entre centros de poleas	800 (mm)

1. Factor de Servicio (Pág. 22)

$$\text{Para Servicio Normal} \rightarrow f_s = 1,2$$

Servicio Normal Factor de servicio 1.2

1º Donde el poder de arranque ocasional o sobrecarga no exceda del 150 % de la carga total.

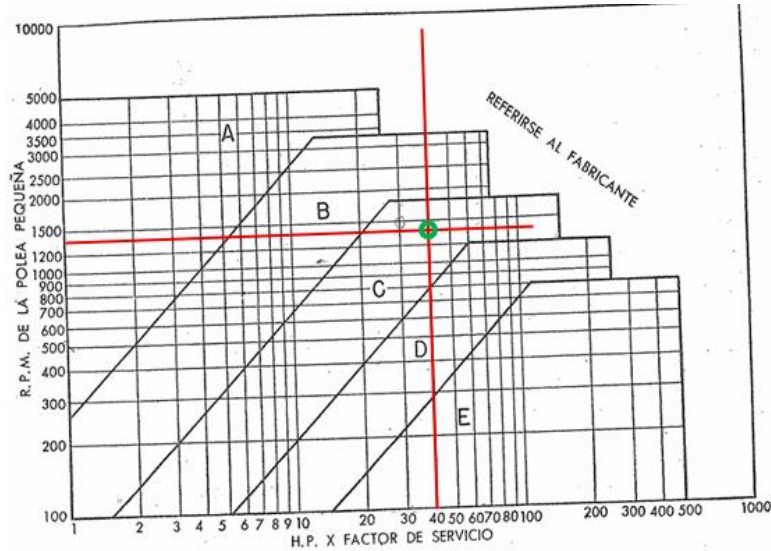
2º Servicio continuado (6 a 16 horas por día).

2. Potencia de diseño corregida

$$P_{dc} = P_d * f_s = 25\ HP * 1,2 = 30\ HP$$

3. Selección del tipo de correa (Tabla 4 – Pág. 11)

$$\text{Para } n_1 = 1477\ rpm \text{ y } P_{dc} = 40\ HP \rightarrow \text{Correa Sección C}$$



4. Longitud primitiva de la correa (Página 6)

$$L (mm) = 2C + 1,57 * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 2 * 800 \text{ mm} + 1,57 * (650 \text{ mm} + 220 \text{ mm}) + \frac{(650 \text{ mm} - 220 \text{ mm})^2}{4 * 800 \text{ mm}} =$$

$$L = 3120,28 \text{ mm}$$

5. Adopción del número de correa y largo nominal (Tabla 2 - Página 9)

Correa N°120 ($L = 3122 \text{ mm} = 122,9''$)

TABLA 2 (Continuación)
LONGITUD PRIMITIVA NOMINAL DE LAS CORREAS MULTI-V GOODYEAR

Correa N°	A		B		C		D		E	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
67	—	—	68.8	1748	—	—	—	—	—	—
68	69.3	1760	69.8	1773	70.9	1801	—	—	—	—
69	—	—	70.8	1798	—	—	—	—	—	—
70	71.3	1811	—	—	—	—	—	—	—	—
71	—	—	72.8	1849	—	—	—	—	—	—
72	73.3	1862	—	—	—	—	—	—	—	—
74	—	—	75.8	1925	—	—	—	—	—	—
75	76.3	1938	76.8	1951	77.9	1979	—	—	—	—
77	—	—	78.8	2002	—	—	—	—	—	—
78	79.3	2014	—	—	—	—	—	—	—	—
80	81.3	2065	81.8	2078	—	—	—	—	—	—
81	—	—	82.8	2103	83.9	2131	—	—	—	—
85	86.3	2192	86.8	2205	87.9	2233	—	—	—	—
89	90.3	2294	—	—	—	—	—	—	—	—
90	91.3	2319	91.8	2332	92.9	2360	—	—	—	—
96	97.3	2471	—	—	98.9	2512	—	—	—	—
97	—	—	98.8	2510	—	—	—	—	—	—
105	106.3	2700	106.8	2713	107.9	2741	—	—	—	—
112	113.3	2878	113.8	2891	114.9	2918	—	—	—	—
120	121.3	3081	121.8	3094	122.9	3122	—	—	—	—
128	129.3	3284	129.8	3297	130.9	3325	—	—	—	—
144	—	—	145.8	3703	146.9	3731	147.3	3741	—	—
150	—	—	159.8	4059	160.9	4087	161.3	4097	—	—

6. Adopción de la distancia/desplazamiento para la instalación y para compensar el alargamiento y estiramiento (Tabla 17 – Página 27)

Para poder montar $\rightarrow 1 \frac{1}{2}$ "

Para compensar el alargamiento $\rightarrow 3$ "

Largo nominal*	Mínimo desplazamiento debajo de la distancia C-C calculada para la instalación de correas (pulgadas)					Mínimo desplazamiento sobre la distancia C-C calculada p/compensar alargamiento y desgaste. Todas las secciones
	A	B	C	D	E	
26 a 38	3/4	1				1
38 a 60	3/4	1	1 1/2			1 1/2
60 a 90	3/4	1 1/4	1 1/2			2
90 a 120	1	1 1/4	1 3/4			2 1/2
120 a 158	1	1 1/4	1 1/2	2		3
158 a 195		1 1/4	2	2	2 1/2	3 1/2
195 a 240		1 1/2	2	2	2 1/2	4
240 a 270		1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	4
270 a 330		1 1/2	2	2 1/2	3	5
330 a 420			2	2 1/2	3	6
420 y arriba			2 1/2	3	3 1/2	1.5 % del largo de correa

* En cada grupo el rango es hasta, pero sin incluir el segundo largo.

7. Arco de contacto sobre la polea menor (Página 5)

$$ADC (\circ) = 180^\circ - \frac{60 * (D - d)}{C}$$

$$ADC = 180^\circ - \frac{60 * (650 \text{ mm} - 220 \text{ mm})}{800 \text{ mm}} = 147,75^\circ$$

8. Factor de corrección del arco de contacto (Tabla 12 – Página 20)

Interpolando en la tabla:

$$F_{dc-ADC} = 0,91325$$

TABLA 12 FACTORES DE CORRECCION

Arco de contacto en la polea pequeña	Factores de corrección	
	V-V	V-Plana*
180	1.00	.75
170	.98	.77
160	.95	.80
150	.92	.82
140	.89	.84
130	.86	.86
120	.82	.82
110	.78	.78
100	.74	.74
90	.69	.69

9. Factor de corrección del largo de la correa (Tabla 13 – Página 21)

Como indica la tabla, si no se encuentra el valor exacto se debe seleccionar el inmediato inferior.

$$F_{dc-L} = 0,97$$

TABLA 13 FACTORES CORRECCION DE LARGO

Largo Nominal (pulg.)	A	B	C	D	E	Largo Nominal (pulg.)	A	B	C	D	E
26	0.81					97		1.02			
31	0.84					105	1.10	1.04	0.94		
33	0.86					112	1.11	1.05	0.95		
35	0.87	0.81				120	1.13	1.07	0.97	0.86	
38	0.88	0.83				128	1.14	1.08	0.98	0.87	
42	0.90	0.85				136		1.09	0.99		
46	0.92	0.87				144		1.11	1.00	0.90	
48	0.93	0.88				158		1.13	1.02	0.92	
51	0.94	0.89	0.80			162			1.03	0.92	
53	0.95	0.90				173		1.15	1.04	0.93	
55	0.96	0.90				180		1.16	1.05	0.94	0.91
60	0.98	0.92	0.82			195		1.18	1.07	0.96	0.92
62	0.99	0.93				210		1.19	1.08	0.96	0.94
64	0.99	0.93				240		1.22	1.11	1.00	0.96
66	1.00	0.94				270		1.25	1.14	1.03	0.99
68	1.00	0.95	0.85			300		1.27	1.16	1.05	1.01
71	1.01	0.95				330			1.19	1.07	1.03
75	1.02	0.97	0.87			360			1.21	1.09	1.05
78	1.03	0.98				390			1.23	1.11	1.07
80	1.04					420			1.24	1.12	1.09
81		0.98	0.89			480				1.16	1.12
83		0.99				540				1.18	1.14
85	1.05	0.99	0.90			600				1.20	1.17
90	1.06	1.00	0.91								
96	1.08		0.92								

NOTA: Para largos nominales no indicados en tabla tomar el factor correspondiente al inmediato inferior.

10. Capacidad en HP/correa (Tabla 8 – Página 17)

Interpolando en la tabla:

$$\text{Para } n_1 = 1477 \text{ rpm y } d = 220 \text{ mm} = 8,66" \rightarrow P_b = 9,83 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)$$

TABLA 8 SECCION "C" - CAPACIDAD BASICA EN H.P. POR CORREA

R.P.M. poleas pequeñas	Polea pequeña con diámetro primitivo (pulgadas)													R.P.M. eje más rápido	H.P. adicional para relación de velocidad									
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0		1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.0 y sobre
870	4.43	5.26	6.09	6.90	7.70	8.49	9.26	10.00	10.8	11.5	12.3	13.0	13.7	870	.00	.12	.24	.36	.47	.59	.71	.83	.95	1.07
1160	5.28	6.32	7.34	8.34	9.31	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.7	15.5	16.3	1160	.00	.16	.32	.47	.63	.79	.95	1.11	1.26	1.42
1750	6.23	7.56	8.84	10.1	11.2	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0	16.8	17.4	18.0	1750	.00	.24	.48	.72	.95	1.19	1.43	1.67	1.91	2.15
100	.86	.98	1.10	1.22	1.34	1.46	1.58	1.70	1.82	1.93	2.05	2.16	2.28	100	.00	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12
200	1.49	1.72	1.95	2.17	2.40	2.62	2.84	3.06	3.28	3.50	3.72	3.95	4.15	200	.00	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.25
300	2.05	2.37	2.70	3.03	3.35	3.67	3.99	4.31	4.62	4.94	5.25	5.56	5.87	300	.00	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.29	.33	.37
400	2.55	2.97	3.39	3.81	4.23	4.65	5.06	5.47	5.87	6.28	6.68	7.08	7.47	400	.00	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49
500	3.01	3.53	4.04	4.55	5.06	5.56	6.06	6.55	7.05	7.55	8.02	8.50	8.98	500	.00	.07	.14	.20	.27	.34	.41	.48	.55	.61
600	3.43	4.04	4.64	5.24	5.83	6.42	7.00	7.58	8.15	8.72	9.28	9.83	10.4	600	.00	.08	.16	.25	.35	.41	.49	.57	.65	.74
700	3.85	4.52	5.21	5.89	6.56	7.23	7.89	8.54	9.19	9.82	10.5	11.1	11.7	700	.00	.10	.19	.29	.38	.48	.57	.67	.76	.86
800	4.19	4.97	5.74	6.50	7.25	7.99	8.72	9.44	10.2	10.9	11.5	12.2	12.9	800	.00	.11	.22	.33	.44	.55	.65	.76	.87	.98
900	4.53	5.39	6.23	7.06	7.88	8.69	9.49	10.3	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	900	.00	.12	.25	.37	.49	.61	.74	.86	.98	1.10
1000	4.84	5.77	6.69	7.59	8.47	9.34	10.2	11.0	11.9	12.7	13.5	14.2	15.0	1000	.00	.14	.27	.41	.55	.68	.82	.95	1.09	1.23
1100	5.12	6.12	7.10	8.07	9.01	9.94	10.9	11.7	12.6	13.5	14.3	15.1	15.9	1100	.00	.15	.30	.45	.60	.75	.90	1.05	1.20	1.35
1200	5.37	6.44	7.48	8.51	9.51	10.5	11.4	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.6	1200	.00	.16	.33	.49	.65	.82	.98	1.14	1.31	1.47
1300	5.60	6.73	7.83	8.90	9.94	11.0	12.0	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	1300	.00	.18	.35	.53	.71	.89	1.06	1.24	1.42	1.59
1400	5.79	6.98	8.13	9.24	10.3	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	16.1	16.9	17.7	1400	.00	.19	.38	.57	.76	.95	1.14	1.34	1.53	1.72
1500	5.96	7.19	8.39	9.54	10.7	11.7	12.8	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	18.0	1500	.00	.20	.41	.61	.82	1.02	1.23	1.43	1.64	1.84
1600	6.09	7.37	8.60	9.79	10.9	12.0	13.1	14.0	15.0	15.9	16.7	17.4	18.1	1600	.00	.22	.44	.65	.87	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96
1700	6.20	7.51	8.77	9.98	11.1	12.2	13.3	14.2	15.2	16.0	16.8	17.5	18.1	1700	.00	.23	.46	.69	.93	1.16	1.39	1.62	1.85	2.09
1800	6.26	7.61	8.89	10.1	11.3	12.4	13.4	14.3	15.2	16.0	16.7	17.4	17.9	1800	.00	.25	.49	.74	.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21
1900	6.30	7.67	8.97	10.2	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	15.9	16.5	17.1	17.5	1900	.00	.26	.52	.78	1.04	1.30	1.55	1.81	2.07	2.33
2000	6.30	7.69	8.99	10.2	11.4	12.4	13.4	14.2	15.0	* 15.6	* 16.2			2000	.00	.27	.55	.82	1.09	1.36	1.64	1.91	2.18	2.45
2100	6.26	7.66	8.97	10.2	11.3	12.3	13.2	14.0	* 14.7	* 15.2				2100	.00	.29	.57	.86	1.15	1.43	1.72	2.00	2.29	2.58
2200	6.19	7.59	8.88	10.1	11.2	12.1	13.0	* 13.7	* 14.2					2200	.00	.30	.60	.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70
2300	6.07	7.47	8.74	9.90	10.9	11.8	* 12.6	* 13.2						2300	.00	.31	.63	.94	1.25	1.57	1.88	2.19	2.51	2.82
2400	5.92	7.30	8.55	9.66	10.6	11.5	* 12.1							2400	.00	.33	.66	.98	1.31	1.64	1.96	2.29	2.62	2.94
2500	5.72	7.08	8.29	9.35	10.2	* 11.0								2500	.00	.34	.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.39	2.73	3.07
2600	5.48	6.81	7.97	8.96	* 9.77	* 10.4								2600	.00	.35	.71	1.06	1.42	1.77	2.13	2.48	2.84	3.19
2700	5.20	6.48	7.58	* 8.49	* 9.20									2700	.00	.37	.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.58	2.94	3.31
2800	4.87	6.10	7.13	* 7.95										2800	.00	.38	.76	1.14	1.53	1.91	2.29	2.67	3.05	3.44
2900	4.49	5.66	* 6.60	* 7.32										2900	.00	.40	.79	1.19	1.58	1.98	2.37	2.77	3.16	3.56
3000	4.07	5.17	* 6.01											3000	.00	.41	.82	1.23	1.64	2.05	2.45	2.86	3.27	3.68
3100	3.59	* 4.60	* 5.35											3100	.00	.42	.85	1.27	1.69	2.11	2.53	2.96	3.38	3.80
3200	3.07	* 3.98												3200	.00	.44	.87	1.31	1.75	2.18	2.62	3.05	3.49	3.93
3300	* 2.48	* 3.30												3300	.00	.45	.90	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05
3400	* 1.85													3400	.00	.46	.93	1.39	1.85	2.32	2.78	3.24	3.71	4.17
3500	* 1.16													3500	.00	.48	.96	1.43	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29

* Para velocidades por encima de 6.000 pies por minuto pueden ser necesarias poleas especiales. Las capacidades indicadas están sujetas a corrección con los factores de arco de contacto y largo dados en tablos números 11, 12 y 13, páginas 20 y 21.

11. Adicional de potencia para r=2,954 en HP/correa (Tabla 8 – Página 17)

Interpolando en la tabla:

$$\text{Para } n_1 = 1477 \text{ rpm y } r = 2,954 \rightarrow A_p = 1,81 \left(\frac{HP}{\text{correa}} \right)$$

TABLA 8 SECCION "C" - CAPACIDAD BASICA EN H.P. POR CORREA

R.P.M. polea pequeña	Polea pequeña con diámetro primitivo (pulgadas)													R.P.M. eje más rápido	H.P. adicional para relación de velocidad										
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0		1.00 al	1.02 al	1.05 al	1.09 al	1.13 al	1.19 al	1.25 al	1.35 al	1.52 al	2.0 y sobre	
	1.01	1.04	1.08	1.12	1.18	1.24	1.31	1.38	1.46	1.54	1.63	1.72	1.81		1.01	1.04	1.08	1.12	1.18	1.24	1.31	1.38	1.46	1.54	
870	4.43	5.26	6.09	6.90	7.70	8.49	9.26	10.0	10.8	11.5	12.3	13.0	13.7	870	.00	.12	.24	.36	.47	.59	.71	.83	.95	1.07	
1160	5.28	6.32	7.34	8.34	9.31	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.7	15.5	16.3	1160	.00	.16	.32	.47	.63	.79	.95	1.11	1.26	1.42	1.42
1750	6.23	7.56	8.84	10.1	11.2	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0	16.8	17.4	18.0	1750	.00	.24	.48	.72	.95	1.19	1.43	1.67	1.91	2.15	2.15
100	.86	.98	1.10	1.22	1.34	1.46	1.58	1.70	1.82	1.93	2.05	2.16	2.28	100	.00	.01	.03	.04	.05	.07	.08	.10	.11	.12	.12
200	1.49	1.72	1.95	2.17	2.40	2.62	2.84	3.06	3.28	3.50	3.72	3.93	4.15	200	.00	.03	.05	.08	.11	.14	.16	.19	.22	.25	.25
300	2.05	2.37	2.70	3.03	3.35	3.67	3.99	4.31	4.62	4.94	5.25	5.56	5.87	300	.00	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.29	.33	.37	.37
400	2.55	2.97	3.39	3.81	4.23	4.65	5.06	5.47	5.87	6.28	6.68	7.08	7.47	400	.00	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49	.49
500	3.01	3.53	4.04	4.55	5.06	5.56	6.06	6.55	7.05	7.53	8.02	8.50	8.98	500	.00	.07	.14	.20	.27	.34	.41	.48	.55	.61	.61
600	3.43	4.04	4.64	5.24	5.83	6.42	7.00	7.58	8.15	8.72	9.28	9.83	10.4	600	.00	.08	.16	.25	.33	.41	.49	.57	.65	.74	.74
700	3.85	4.52	5.21	5.89	6.56	7.23	7.89	8.54	9.19	9.82	10.5	11.1	11.7	700	.00	.10	.19	.29	.38	.48	.57	.67	.76	.86	.86
800	4.19	4.97	5.74	6.50	7.25	7.99	8.72	9.44	10.2	10.9	11.5	12.2	12.9	800	.00	.11	.22	.33	.44	.55	.65	.76	.87	.98	.98
900	4.53	5.39	6.23	7.06	7.88	8.69	9.49	10.3	11.0	11.8	12.6	13.3	14.0	900	.00	.12	.25	.37	.49	.61	.74	.86	.98	1.10	1.10
1000	4.84	5.77	6.69	7.59	8.47	9.34	10.2	11.0	11.9	12.7	13.5	14.2	15.0	1000	.00	.14	.27	.41	.55	.68	.82	.95	1.09	1.23	1.23
1100	5.12	6.12	7.10	8.07	9.01	9.94	10.9	11.7	12.6	13.5	14.3	15.1	15.9	1100	.00	.15	.30	.45	.60	.75	.90	1.05	1.20	1.35	1.35
1200	5.37	6.44	7.48	8.51	9.51	10.5	11.4	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.6	1200	.00	.16	.33	.49	.65	.82	.98	1.14	1.31	1.47	1.47
1300	5.60	6.73	7.83	8.90	9.94	11.0	12.0	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	1300	.00	.18	.35	.53	.71	.89	1.06	1.24	1.42	1.59	1.59
1400	5.79	6.98	8.13	9.24	10.3	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	16.1	16.9	17.7	1400	.00	.19	.38	.57	.76	.95	1.14	1.34	1.53	1.72	1.72
1500	5.96	7.19	8.39	9.54	10.7	11.7	12.8	13.8	14.7	15.6	16.4	17.2	18.0	1500	.00	.20	.41	.61	.82	1.02	1.23	1.43	1.64	1.84	1.84
1600	6.09	7.37	8.60	9.79	10.9	12.0	13.1	14.0	15.0	15.9	16.7	17.4	18.1	1600	.00	.22	.44	.65	.87	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96	1.96
1700	6.20	7.51	8.77	9.98	11.1	12.2	13.3	14.2	15.2	16.0	16.8	17.5	18.1	1700	.00	.23	.46	.69	.93	1.16	1.39	1.62	1.85	2.09	2.09
1800	6.26	7.61	8.89	10.1	11.3	12.4	13.4	14.3	15.2	16.0	16.7	17.4	17.9	1800	.00	.25	.49	.74	.98	1.23	1.47	1.72	1.96	2.21	2.21
1900	6.30	7.67	8.97	10.2	11.4	12.4	13.4	14.3	15.2	15.9	16.5	17.1	17.5	1900	.00	.26	.52	.78	1.04	1.30	1.55	1.81	2.07	2.33	2.33
2000	6.30	7.69	8.99	10.2	11.4	12.4	13.4	14.2	15.0	15.6	16.2			2000	.00	.27	.55	.82	1.09	1.36	1.64	1.91	2.18	2.45	2.45
2100	6.26	7.66	8.97	10.2	11.3	12.3	13.2	14.0	14.7	15.2				2100	.00	.29	.57	.86	1.15	1.45	1.72	2.00	2.29	2.58	2.58
2200	6.19	7.59	8.88	10.1	11.2	12.1	13.0	13.7	14.2					2200	.00	.30	.60	.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	2.70
2300	6.07	7.47	8.74	9.90	10.9	11.8	12.6	13.2						2300	.00	.31	.63	.94	1.25	1.57	1.88	2.19	2.51	2.82	2.82
2400	5.92	7.30	8.55	9.66	10.6	11.5	12.1							2400	.00	.33	.66	.98	1.31	1.64	1.96	2.29	2.62	2.94	2.94
2500	5.72	7.08	8.29	9.35	10.2	11.0								2500	.00	.34	.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.39	2.73	3.07	3.07
2600	5.48	6.81	7.97	8.96	9.77	10.4								2600	.00	.35	.71	1.06	1.42	1.77	2.13	2.48	2.84	3.19	3.19
2700	5.20	6.48	7.58	8.49	9.20									2700	.00	.37	.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.58	2.94	3.31	3.31
2800	4.87	6.10	7.13	7.95										2800	.00	.38	.76	1.14	1.53	1.91	2.29	2.67	3.05	3.44	3.44
2900	4.49	5.66	6.60	7.32										2900	.00	.40	.79	1.19	1.58	1.98	2.37	2.77	3.16	3.56	3.56
3000	4.07	5.17	6.01											3000	.00	.41	.82	1.23	1.64	2.05	2.45	2.86	3.27	3.68	3.68
3100	3.59	4.60	5.35											3100	.00	.42	.85	1.27	1.69	2.11	2.53	2.96	3.38	3.80	3.80
3200	3.07	3.98												3200	.00	.44	.87	1.31	1.75	2.18	2.62	3.05	3.49	3.93	3.93
3300	2.48	3.30												3300	.00	.45	.90	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.05
3400	1.85													3400	.00	.46	.93	1.39	1.85	2.32	2.78	3.24	3.71	4.17	4.17
3500	1.16													3500	.00	.48	.96	1.43	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	4.29

* Para velocidades por encima de 6.000 pies por minuto pueden ser necesarias poleas especiales.
Las capacidades indicadas están sujetas a corrección con los factores de arco de contacto y largo dados en tablas números 11, 12 y 13, páginas 20 y 21.

12. Capacidad total en HP/correa

$$P_t = P_b + A_p = 9,83 \left(\frac{HP}{correa} \right) + 1,81 \left(\frac{HP}{correa} \right) = 11,64 \left(\frac{HP}{correa} \right)$$

13. Potencia efectiva por correa

$$P_e = P_t * F_{dc-ADC} * F_{dc-L} = 11,64 \left(\frac{HP}{correa} \right) * 0,91325 * 0,97 = 10,31 \left(\frac{HP}{correa} \right)$$

14. Cantidad de correas

$$N = \frac{P_{dc}}{P_e} = \frac{30 (HP)}{10,31 \left(\frac{HP}{correa} \right)} = 2,91 \text{ correas} \Rightarrow N = 3 \text{ correas}$$

Así, se determina que serán necesarias 3 correas trapezoidales de sección C para la primera etapa de reducción del sistema. Esto define la geometría y características de ambas poleas (número de canales).

4.3.7. Selección de las poleas

Siendo conocidas las características de las poleas a utilizar (3 canales de sección C), del catálogo de RP Poleas:

3 CANALES (PERFIL "C")								
ØE	Tipo	F	ØM	ØI	L	P	Q	Rayos
90	X	78	63	19	76	17	19	Disco
100	X	80	65	19	70	16	26	Disco
110	X	79	65	19	72	17	24	Disco
120	X	80	71	19	69	17	28	Disco
130	X	78	68	19	71	17	24	Disco
140	X	78	70	19	67	17	28	Disco
150	X	80	72	19	75	17	22	Disco
160	X	77	71	19	64	16	29	Disco
170	X	77	76	19	72	18	23	Disco
180	X	79	77	19	76	18	21	Disco
190	X	79	80	19	73	17	23	Disco
200	X	79	81	19	73	18	24	Disco
210	X	78	84	19	73	8	13	4
220	X	79	87	19	72	8	15	4
230	X	78	85	19	72	8	14	4
240	X	83	86	19	72	7	18	4
250	X	79	88	19	71	7	15	4
260	X	79	87	19	72	8	15	4
270	X	80	87	19	73	8	15	4
280	X	81	90	19	74	8	15	4
290	X	80	90	19	74	8	14	4
300	X	80	92	19	76	8	12	4
310	X	80	94	25	80	6	6	4
320	X	82	92	25	81	5	6	4
330	X	81	85	25	69	7	19	4
340	X	80	91	25	80	6	6	4
350	X	80	93	25	79	7	8	4
360	X	82	94	25	82	6	6	5
380	X	82	97	25	83	5	4	5
400	X	83	104	25	77	5	11	5
420	X	84	96	25	80	4	8	5
450	X	83	99	25	82	6	7	5
480	X	83	105	25	80	6	9	5
500	Y	83	105	25	88	5	-	5
550	Y	82	105	25	89	7	-	5
600	X	84	105	25	85	5	4	5
650	Y	82	144	36	107	25	-	6
700	X	83	137	36	80	8	11	6
800	X	82	140	36	79	7	10	6

Tabla 22: dimensiones de poleas para correas sección "C" y 3 canales (RP Poleas)

4.3.8. Cálculo y selección de los acoplamientos

Para realizar el acople entre los ejes de entrada y salida del motorreductor con la polea y con el eje del sistema respectivamente, se utilizan acoplamientos flexibles a cadena tipo Renold.

Teniendo en cuenta que el motor eléctrico posee una potencia de 25 HP, que a la entrada al reductor se tienen 500 rpm, y que a la salida del mismo se tienen 124 rpm, se seleccionan por catálogo los modelos adecuados.

El modelo a utilizar se determina con los siguientes pasos:

- 1) Se elige el factor de servicio de la tabla, en función de la máquina motriz y el tipo de carga.
- 2) Se multiplican los caballos de fuerza a ser transmitidos por el factor de servicio elegido para obtener los "caballos de fuerza de servicio".
- 3) Se elige en la tabla el tamaño del acople que transmita los caballos de fuerza de servicio calculados a las RPM a las que va a operar el acople.
- 4) Una vez seleccionado el acople, es necesario verificar la dimensión "A" de la tabla, que es el "Diámetro de eje máximo", asegurándose que el acople pueda alojar el eje mayor. De lo contrario, se debe buscar el siguiente acople más grande que admita los ejes a acoplar.

Factor de servicio	Equipo conducido		Fuente de poder		
	Tipo	Característica	Motor eléctrico o turbinas	Motor de combustión de 4 o más cil.	Motor diesel o a gas
A	Ventiladores centrífugos, secadores, bombas o transportadoras con carga uniforme.	Carga uniforme - trabajo 8 horas/día, no reversible y torque bajo de arranque	1.0	1.5	2.0
B	Compresores, transportadoras, cargas pulsantes, martinetes, reductores de velocidad, bombas de múltiples cilindros etc.	Carga no uniforme - trabajo 8 horas/día, choques o torsión moderada, no reversible. Este es el servicio más común.	1.5	2.0	2.5
C	Prensas, trituradoras, carga de impacto, bombas para equipos petroleros	Carga de alto choque - trabajo 8 horas/día, Carga de altos picos de torque, reversibles con carga, arranques con carga	2.0	2.5	3.0

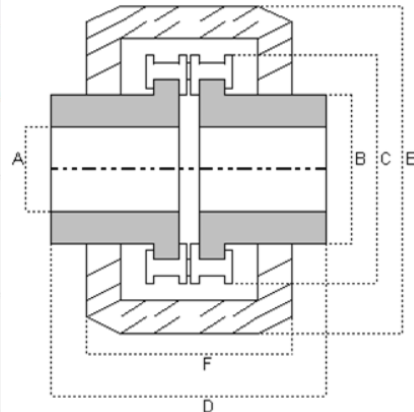


Figura 99: características de acoples a cadena (Industry Store)

ACOPLE	NUMERO DE DIENTES	PASO	DIMENSIONES						PESO Kg	HP ADMITIBLES SEGÚN RPM.									
			A (max)							B	C	D	E	F	50	100	500	1000	1500
			A	B	C	D	E	F											
4012	12	1/2	22	33	61	72	81	64	0.5	1	1.7	4.8	9.4	13.8					
4016	16	1/2	32	49	77	72	95	64	1.2	1.7	2.9	8	15	22					
4018	18	1/2	37	57	85	80			1.5	2.5	4	10	17.5	26					
4020	20	1/2	38	57	98	71	108	67	1.8	2.8	4.5	11	20	28					
5014	14	5/8	37	55	87	98													
5016	16	5/8	42	62	97	92	118	81	2.2	3.8	6	15	20	28					
5018	18	5/8	48	70	107	92			2.6	5	8	18	26	35					
5020	20	5/8	54	80	109	92	132	88		5.3	8.8	21	30	40					
6016	16	3/4	50	73	115	97			3.5	6.4	10.4	22	38	53					
6018	18	3/4	56	87	127	105	150	104	4.8	7.5	13	26.5	46	67					
6020	20	3/4	65	97	139	109			5.5	9.5	16	33	55	80					
6022	22	3/4	76	111	151	117	175	111	8	11.5	19	45	76	100					
8018	18	1	79	116	169	133	191	130	10.5	17	28	58	100	140					
8020	20	1	89	132	185	145	213	140	17	21.5	35	70	123	160					
8022	22	1	95	146	201	153			19	24.5	42	85	155	215					
10018	18	1 1/4	95	146	221	156	238	153	21	38	56	116	184	265					
10020	20	1 1/4	100	162	232	172			27	42	72	174	273	395					
12018	18	1 1/2	114	175	254	195	289	191	33	54	89	223	390	517					
12020	20	1 1/2	128	198	278	207			44	63	107	374	465						
12022	22	1 1/2	140	223	302	221	337	202	49	79	134	335	570						

Tabla 23: dimensiones de acoples a cadena por modelo (Industry Store)

Para este caso:

Entrada al reductor (unión polea-reductor)

- Factor de servicio: 1,5 (motor eléctrico y carga no uniforme)
- $HP_{servicio} = 25 \text{ HP} \times 1,5 = 37,5 \text{ HP}$
- Para la entrada (500 rpm): ACOPLA 6022
- Verifica para el diámetro del eje de entrada

Salida del reductor (unión reductor-eje motriz del sistema)

- Factor de servicio: 1,5 (motor eléctrico y carga no uniforme)
- $HP_{servicio} = 25 \text{ HP} \times 1,5 = 37,5 \text{ HP}$
- Para la entrada (124 rpm-se consideran 100 rpm en la tabla): ACOPLA 8022
- Verifica para el diámetro del eje de entrada

4.3.9. Árbol de entrada al sistema + chaveta

Se sabe que el árbol deberá tener, como máximo, un diámetro de 50 mm, ya que la entrada al reductor de engranajes tiene ese mismo valor.

Se calculan 3 características:

- Estriado

2. Diámetro a fatiga en la polea (chaveta -> concentración de tensiones)
3. Chaveta

El cálculo se realiza considerando una potencia de 100 HP (potencia promedio de un tractor) a 540 rpm.

Material del árbol

SAE 1045 estirado en frío -> $\sigma_{fl} = 5976 \frac{kg}{cm^2} = 586 \frac{N}{mm^2}$

Cálculo de las estrías

Se utilizan las 3 fórmulas siguientes:

1. Diámetro mínimo

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{16 * M_t * K_a * n_s * 10^3}{\pi * \tau_{cp} * K_f}}$$

Donde:

- $M_t \rightarrow$ momento torsor actuante (Nm)
- $K_a \rightarrow$ factor de aplicación
- $n_s \rightarrow$ factor de seguridad
- $\tau_{cp} = 0,8 * 0,5 * \sigma_{fl} \rightarrow$ tensión de corte admisible $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
- $K_f \rightarrow$ factor de vida útil del eje

2. Presión mínima admitida en la superficie del eje o nervadura

$$P_{min} = \frac{M_t * K_a * n_s * 10^3}{d_s * l_f * N * K_m * K_f}$$

Donde:

- $d_s = \frac{D+d}{2} \rightarrow$ diámetro medio (mm)
- $l_f = 1,7 * d_3 \rightarrow$ longitud activa de la nervadura (mm)
- $N \rightarrow$ número de nervaduras
- $K_m \rightarrow$ factor de distribución de carga (0,6 a 0,8)

3. Longitud mínima de las ranuras

$$L_{min} = \frac{M_t * K_a * n_s * 10^3}{d_s * P_{min} * \frac{h_{st}}{2} * N * K_m * K_f}$$

Donde:

- $h_{st} = h - 2 * s \rightarrow$ altura de conexión (mm)
 - $s \rightarrow$ chaflán (mm)
 - $h = \frac{D-d}{2} \rightarrow$ altura de nervadura (mm)

Cálculo del momento torsor

$$M_t = 71620 * \frac{N}{n} = 71620 * \frac{100 CV}{540 rpm} = 13263 (kgcm) = 1300 (Nm)$$

Selección de los factores de aplicación

Factor de aplicación "K_a":

Regimen del Impulsor	Tipo de Carga			
	Continua	Choques bajos	Choques ciclicos	Choques altos
Uniforme	1,0	1,2	1,5	1,8
Choques bajos	1,2	2,1	1,8	1,8
Choques medios	2,0	2,2	2,4	3,8

Para régimen uniforme y choques bajos -> K_a = 1,2

Factor de vida útil "K_f":

Número de ciclos de Torque	Dirección de la carga	
	Unidireccional	Bidireccional
10.000	1,0	1,0
100.000	0,5	0,4
1.000.000	0,4	0,3
10.000.000	0,3	0,2

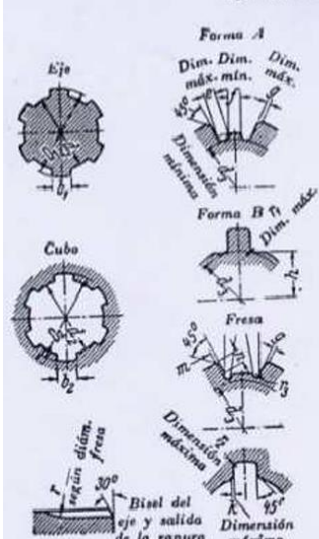
Para 10000 ciclos -> K_f = 1

De esta forma:

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{16 * 1300 Nm * 1,2 * 2 * 10^3}{\pi * 0,8 * 0,5 * 586 \frac{N}{mm^2} * 1}} = 40,77 mm$$

De la norma DIN 5472:

Ejes con seis nervios. Extracto de la DIN 5472



Medidas nom.			Eje											Cubo	
d ₁	2	3	d ₂	e	f	g	h	r ₂	m	n	11	12	13	D ₂	r ₂
21	25	5	19,5	1,98	1,95	0,3	9,7	0,6	4,7	1,7	25	0,2			
23	28	6	21,3	2,3	1,34	0,3	11,0	0,6	5,64	2,13	28	0,2			
26	32	6	23,4	2,94	1,65	0,4	11,8	0,6	5,64	2,55	32	0,3			
28	34	8	25,9	2,94	1,70	0,4	12,9	0,6	6,58	2,55	34	0,3			
32	38	8	29,9	2,92	2,83	0,5	14,8	0,6	7,52	2,55	38	0,4			
36	42	8	33,7	2,92	4,95	0,5	16,5	0,6	7,52	2,55	42	0,4			
42	48	10	39,94	2,94	6,02	0,5	19,3	1,0	9,40	2,55	48	0,4			
46	52	12	44,16	3,08	5,81	0,5	21,1	1,0	11,28	2,55	52	0,4			
52	60	14	49,5	3,56	5,89	0,5	23,9	1,0	13,16	3,4	60	0,4			
58	65	14	55,74	3,98	8,29	0,5	26,7	1,0	13,16	2,98	65	0,4			
62	70	16	59,5	4,13	8,03	0,5	28,6	1,0	15,04	3,4	70	0,4			
68	78	16	64,4	4,86	9,73	0,5	31,4	1,0	15,04	4,25	78	0,4			
72	82	16	68,3	4,45	12,67	0,5	33,4	1,6	15,04	4,25	82	0,4			
78	90	16	73	5,83	13,07	0,5	36,2	1,6	15,04	5,1	90	0,4			
82	95	16	76,6	6,44	13,96	0,5	38	1,6	15,04	5,53	95	0,4			
88	100	16	82,9	6,07	17,84	0,5	41,3	1,6	15,04	5,1	100	0,4			
92	105	20	87,1	6,02	15,96	0,6	43,1	1,6	18,8	5,53	105	0,5			
98	110	20	93,4	5,97	19,22	0,6	46,4	2,0	18,8	5,1	110	0,5			
105	120	20	98,8	7,8	19,25	0,6	49,2	2,0	18,8	6,38	120	0,5			
115	130	20	108,4	7,68	24,75	0,6	54,2	2,5	18,8	6,38	130	0,5			
130	145	24	123,9	7,37	29,2	0,6	61,8	2,5	22,56	6,38	145	0,5			

Se selecciona un eje con 6 nervios, con:

- d₁ = d = 42 mm
- D₂ = D = 48 mm
- d₃ = 40,2 mm
- b₁ = 10 mm

De esta manera:

$$d_s = \frac{D + d}{2} = \frac{48 + 42 \text{ mm}}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$l_f = 1,7 * d_3 = 1,7 * 40,2 \text{ mm} = 68,34 \text{ mm}$$

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{48 - 42 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ mm}$$

$$h_{st} = h - 2 * s = 3 \text{ mm} - 2 * 0,5 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

Cálculo de la presión mínima y longitud mínima

$$P_{min} = \frac{1300 \text{ Nm} * 1,2 * 2 * 10^3}{45 \text{ mm} * 68,34 \text{ mm} * 6 * 0,7 * 1} = 241,6 \text{ MPa}$$

$$L_{min} = \frac{1300 \text{ Nm} * 1,2 * 2 * 10^3}{45 \text{ mm} * 241,6 \text{ MPa} * \frac{2 \text{ mm}}{2} * 6 * 0,7 * 1} = 68,33 \text{ mm}$$

Conclusión

- Diámetro menor: 42 mm
- Diámetro mayor: 48 mm
- Número de estrías: 6

Cálculo del árbol a fatiga – Concentración de tensiones

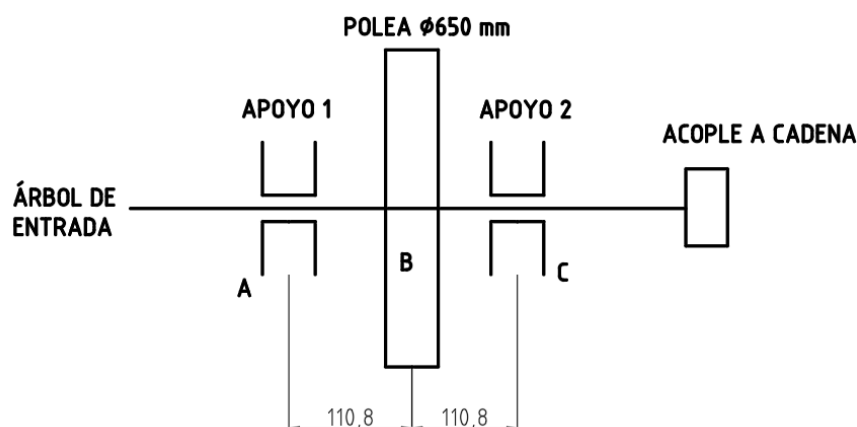


Figura 100: modelado del árbol de entrada al sistema

Material -> SAE 1045 estirado en frío

- $\sigma_r = 7030 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\sigma_{fl} = 5976 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\sigma'_{fa} = 0,5 * \sigma_r = 3515 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\sigma_{fa} = \sigma'_{fa} * K_a * K_b * K_c$
 - $K_a = 1,15$ (Faires, fig. AF5 para mecanizado y $\sigma_r = 7030 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)
 - $K_b = 0,8$ (Faires, pág. 150, para diámetro aprox. 2")
 - $K_c = 0,59$ (Shilgley, 5ta Ed., pág. 320, para torsión y corte)

$$\sigma_{fa} = 3515 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1,15 * 0,8 * 0,59 = 1908 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Momento torsor actuante

En este caso, el eje va a estar sometido al momento torsor generado por la polea y el motor eléctrico

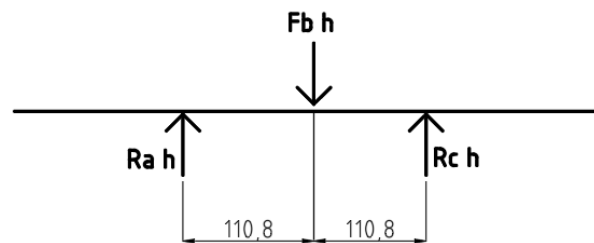
$$Mt_B = 71620 * \frac{N}{n} = 71620 * \frac{25 \text{ CV}}{500 \text{ rpm}} = 3581 \text{ (kgcm)}$$

Fuerza flectora en la polea

$$F_B = C * (F_1 - F_2) = C * \frac{Mt_B}{r_p}$$

$$C = 1,5 \rightarrow \text{correa trapezoidal} - \text{Faires pág. 338}$$

$$F_B = 1,5 * \frac{3581 \text{ kgcm}}{32,5 \text{ cm}} = 165,3 \text{ kg}$$

Fuerzas en el plano horizontal (vista superior del eje)

$$F_{B-H} = F_B = 165,3 \text{ kg } (\rightarrow)$$

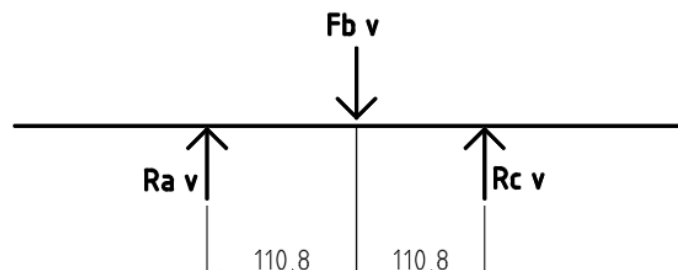
$$\sum F_H = 0 \rightarrow R_{A-H} + R_{C-H} - F_{B-H} = 0$$

$$R_{A-H} + R_{C-H} = F_{B-H}$$

$$\sum M_{A-H} = 0 \rightarrow F_{B-H} * 11,08 \text{ cm} - R_{C-H} * 22,16 \text{ cm} = 0$$

$$R_{C-H} = \frac{165,3 \text{ kg} * 11,08 \text{ cm}}{22,16 \text{ cm}} = 82,65 \text{ kg } (\leftarrow)$$

$$R_{A-H} = 165,3 \text{ kg} - 82,65 \text{ kg} = 82,65 \text{ kg } (\leftarrow)$$

Fuerzas en el plano vertical (vista lateral del eje)

$$F_{B-V} = P_{polea} = 100 \text{ kg } (\downarrow)$$

$$\sum F_V = 0 \rightarrow R_{A-V} + R_{C-V} - F_{B-V} = 0$$

$$R_{A-V} + R_{C-V} = F_{B-V}$$

$$\sum M_{A-V} = 0 \rightarrow F_{B-V} * 11,08 \text{ cm} - R_{C-V} * 22,16 \text{ cm} = 0$$

$$R_{C-V} = \frac{100 \text{ kg} * 11,08 \text{ cm}}{22,16 \text{ cm}} = 50 \text{ kg} (\uparrow)$$

$$R_{A-H} = 100 \text{ kg} - 50 \text{ kg} = 50 \text{ kg} (\uparrow)$$

Momentos flectores

Momento flector horizontal en B

$$Mf_{B-H} = R_{A-H} * 11,08 \text{ cm} = 915,8 \text{ kgcm}$$

Momento flector vertical en B

$$Mf_{B-V} = R_{A-V} * 11,08 \text{ cm} = 554 \text{ kgcm}$$

Momento flector resultante

$$Mf_{B-R} = \sqrt{Mf_{B-H}^2 + Mf_{B-V}^2} = \sqrt{(915,8 \text{ kgcm})^2 + (554 \text{ kgcm})^2} = 1070,4 \text{ kgcm}$$

Tensiones equivalentes

Para flexión:

$$\sigma_{eq} = \frac{\sigma_{fa}}{\sigma_{fl}} * \sigma_m + K_f * \sigma_v$$

$K_f \rightarrow$ coeficiente de concentración de tensiones

$K_f = 2$ (Faires, AT13, pág. 751, para chavetero de patín a flexión)

$$\sigma_v = \frac{Mf_{B-R}}{W}$$

$$W = \frac{\pi * d^3}{32} \rightarrow \text{módulo resistente a flexión}$$

Como es flexión alternada simétrica $\rightarrow \sigma_m = 0$

$$\sigma_{eq} = K_f * \frac{Mf_{B-R}}{W}$$

Para torsión:

$$\tau_{eq} = \frac{\tau_{fa}}{\tau_{fl}} * \tau_m + K_{fs} * \tau_v$$

$$\tau_m = \frac{Mt_B}{2 * W}$$

De Faires pág. 313:

$$\frac{\tau_{fa}}{\tau_{fl}} \cong \frac{\sigma_{fa}}{\sigma_{fl}}$$

Como se trata de torsión constante $\rightarrow \tau_v = 0$

$$\tau_{eq} = \frac{\sigma_{fa}}{\sigma_{fl}} * \frac{Mt_B}{2 * W}$$

Por teoría de Guest:

$$\left(\frac{1}{N}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_{fa}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{eq}}{\tau_{fa}}\right)^2$$

$$\tau_{fa} = 0,5 * \sigma_{fa}$$

Suponiendo un coeficiente de seguridad N=2:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \left(\frac{2 * \frac{1070,4 \text{ kgcm}}{W}}{1908 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1908 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 3581 \text{ kgcm}}{2 * W}}{0,5 * 1908 \text{ kg/cm}^2}\right)^2$$

De esta forma:

$$W = 2,54 \text{ cm}^3 \rightarrow d = 2,96 \text{ cm} = 29,6 \text{ mm}$$

Es posible concluir que el diámetro adoptado (65 mm) cumple con la condición de carga calculada.

Cálculo de la chaveta

- $\varnothing_{eje} = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m} \rightarrow$ diámetro del árbol en el asiento de la polea
- $L = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm} \rightarrow$ largo de chaveta (valor propuesto)

Material chaveta -> Acero SAE 1020 laminado simple

- $\sigma_r = 4569 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\sigma_{fl} = 3374 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $N = 2 \rightarrow$ coeficiente de seguridad
- $\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{N} = \frac{3374 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2} = 1687 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\tau_{fl} = 0,6 * \sigma_{fl} = 2024,4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
- $\tau_{adm} = \frac{\tau_{fl}}{N} = 1012,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

El momento torsor es el mismo que el antes calculado, para 100 HP y 540 rpm:

$$M_t = 1300 \text{ Nm}$$

$$F_t = \frac{M_t}{r} = \frac{1300 \text{ Nm}}{0,0325 \text{ m}} = 40000 \text{ N} = 4077,5 \text{ kg}$$

De la tabla AT19, pág. 767 de Faires, para diámetros de ejes de entre 58,7 mm y 69,8 mm:

- $b = 15,9 \text{ mm} = 1,59 \text{ cm}$
- $t = 11,1 \text{ mm} = 1,11 \text{ cm}$

Inicialmente se realiza el cálculo con 1 chaveta, realizando las verificaciones tanto por corte como por aplastamiento. Se busca que la fuerza que resiste la chaveta al corte y al aplastamiento sea mayor que la fuerza actuante F_t .

Verificación por corte

Con las fórmulas:

$$A_c = b * L \rightarrow \text{área de cizalladura}$$

$$F_c = \tau_{adm} * A_c \rightarrow \text{fuerza que resiste la chaveta a la cizalla}$$

Así:

$$A_c = 1,59 \text{ cm} * 8 \text{ cm} = 12,72 \text{ cm}^2$$

$$F_c = 1012,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 12,12 \text{ cm}^2 = 12875 \text{ kg} > 4077,5 \text{ kg} = F_t \rightarrow \text{VERIFICA A LA CIZALLA}$$

Verificación por aplastamiento

Dadas las fórmulas:

$$A_a = \frac{t}{2} * L \rightarrow \text{área de aplastamiento}$$

$$F_a = \sigma_{adm} * A_a \rightarrow \text{fuerza que resiste la chaveta al aplastamiento}$$

De esta forma:

$$A_a = \frac{1,11 \text{ cm}}{2} * 8 \text{ cm} = 4,44 \text{ cm}^2$$

$$F_a = 1687 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 4,44 \text{ cm}^2 = 7490,3 \text{ kg} > 4077,5 \text{ kg} = F_t \rightarrow \text{VERIFICA AL APLASTAMIENTO}$$

Conclusión

Se utiliza 1 CHAVETA con las siguientes características:

- *Material* → Acero al carbono SAE 1020 laminado simple
- *Ancho* → $b = 15,9 \text{ mm} = 1,59 \text{ cm}$
- *Alto* → $t = 11,1 \text{ mm} = 1,11 \text{ cm}$
- *Largo* → $L = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$

5. ANÁLISIS DE COSTOS

Se muestra a continuación una tabla con los costos de los principales componentes necesarios para la fabricación del sistema planteado. Es importante destacar que no se tiene en cuenta bulonería (bulones, tornillos, tuercas, arandelas, etc.) ni mano de obra.

Concepto	Dimensiones	Precio unitario	Cantidad	Precio total (U\$S)
Chapa SAE 1010	Espesores varios (3,18 mm - 4,76 mm - 6,35 mm - 12,7 mm - 25,4 mm)	5 U\$S/kg	3000 kg	15000
Motor eléctrico Weg W22 25 HP	-	U\$S 1500	1	1500
Motor eléctrico Czerweny 4 HP	-	U\$S 400	1	400
Caños con costura	Diámetro exterior 168,3 (6 5/8") x 3,2 mm	1,62 U\$S/kg	1096 kg (84 metros)	1775
Planchuela para pasarelas	44,45 x 6,35 mm (1 3/4 x 1/4") - Barra 6 m	40000 \$/barra	17 barras	450
Perfil PNL columnas	57,1 x 6,35 mm (2 1/4 x 1/4") - Barra 12 m	120000 \$/barra	32 barras	2560
Perfil PNL columnas	(1 1/2 x 1/4") - Barra 6 m	55000 \$/barra	64 barras	2350
Perfil UPN pasarelas	UPN 120	230000 \$/barra	12 barras	1840
Reductor STM RPX 804	-	U\$S 4200	1	4200
Caño cuadrado	20x20x2 mm	1,88 U\$S/m	30 m	56
Discos polietileno UHMW	Placa 1000x2000x10 mm	150000 \$/plancha	3 planchas	300
Portarodamiento UCF	-	25000 \$/u	10 unidades	170
Portarodamiento UCP	-	25000 \$/u	2 unidades	35
Cadena CA 550	-	30000 \$/m	100 m	2000
Rueda dentada	Diámetro exterior 251 mm	125000 \$/u	5	420
COSTO TOTAL				33056

Tabla 24: costos

6. CONCLUSIÓN

Es posible concluir que se pudo diseñar un sistema de transporte de granos, que permite realizar la carga y descarga de los mismos desde una tolva pulmón hacia los silos, y desde estos hacia los camiones. A lo largo del diseño la prioridad fue adaptarse a las instalaciones existentes, pero sin dejar de lado que en un futuro el comitente tiene la intención de agregar más silos. Por este motivo es que se seleccionó un motor de 25 HP, siendo que para la instalación actual (4 silos) solamente son necesarios 15 HP en función de lo calculado.

Para el cálculo de los componentes que forman parte del sistema se aplicaron los conocimientos y conceptos adquiridos durante el desarrollo de la carrera. Para esto, se consultó la bibliografía correspondiente a cada etapa del diseño y/o catálogos de fabricantes reconocidos a nivel mundial.

Otro de los criterios adoptados fue el de mantener la simplicidad constructiva adoptándose a las tecnologías de fabricación existentes en la industria local, por eso se puede observar que en el proyecto se hace uso repetido de elementos como: chapas plegadas, perfilera estándar, rodamientos de uso común en la industria agrícola y de transporte de materiales, entre otros. Esta simplicidad constructiva trae como ventaja la facilidad de mantenimiento, ya que, en caso de roturas, no se dificulta la tarea de conseguir un repuesto.

El proyecto se llevó a cabo haciendo hincapié en la seguridad del funcionamiento del sistema para las personas, considerando que se tienen partes en movimiento (zona de reductor y motor) y trabajo en altura. Para cumplir con este requisito se diseñaron protecciones tanto en la zona del motor y reductor, como en la zona del tornillo sinfín. Por su parte la pasarela elevada se calculó y diseñó para evitar accidentes o situaciones que pongan en riesgo la integridad física de quien deba subir.

El sistema diseñado presenta una dualidad clave para su funcionamiento: permite el movimiento de la cadena mediante el motor eléctrico o en el caso de no poseer energía eléctrica, se puede utilizar la toma de fuerza de un tractor, para ello se lo vincula mediante una barra de mando que tiene incorporada un zafe de seguridad.

El desarrollo de este trabajo nos permitió interiorizarnos en la industria de un sector muy importante para el país como lo es el agrícola, donde se pudo adquirir conocimientos sobre el transporte mediante cadena de discos, el cual es un sistema no tradicional sin mayor difusión entre los productores agropecuarios.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. *Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales* | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. WorldFoodSituation.
2. *Qué se espera en el mercado internacional de granos en el 2024*. (n.d.). Bolsa De Comercio De Rosario.
3. *Trigo: principales productores en el mundo en 2024/2025*. (s/f). Statista
4. Instituto Nacional de Semillas @inaseargentina
5. Treboux, J., Calzada, J. (5 de noviembre de 2021), "El 15% de la capacidad de almacenaje comercial fija de Argentina y el 74% de la capacidad de almacenaje en puertos del país se encuentra en las terminales del Gran Rosario". Nombre del sitio web: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/el-15-de-la>
6. <https://www.aggrowth.com/en-us/farm-brands-overview/hutchinson/stationary-chain-conveyors/hutchinson-grain-pump-loop>
7. <https://stmteam.com.ar/>
8. https://czerweny.ar/?adsbrand&gad_source=1&gad_campaignid=21857478145&gbraid=0AAAAABaMs73uaTigO-P6AWMqe57kqic0v&gclid=Cj0KCQjwsPzHBhDCARIsALiWNG0buNvvMPtclT0OIPBZGZR x L T F v f i m h Z B 6 HYQYzKIFokiq9HQ6WSsaAkeKEALw_wcB
9. <https://www.weg.net/institutional/AR/es/>
10. <https://engracor.com/producto/engranajes-para-cadenas-acarreadoras-ca550-y-s55/?v=c582dec943ff>
11. <https://poleasrp.com/>

8. ANEXO

Cálculo de las columnas

Análisis de cargas

- **Peso Propio**

Debido a que todavía no se dimensionaron los elementos estructurales, se toma como Peso propio de la viga actuando sobre las columnas un valor de:

$$Pp = 0,2 \frac{kN}{m^2}$$

- **Sobrecarga**

Se estiman 60 kilos por metro cuadrado.

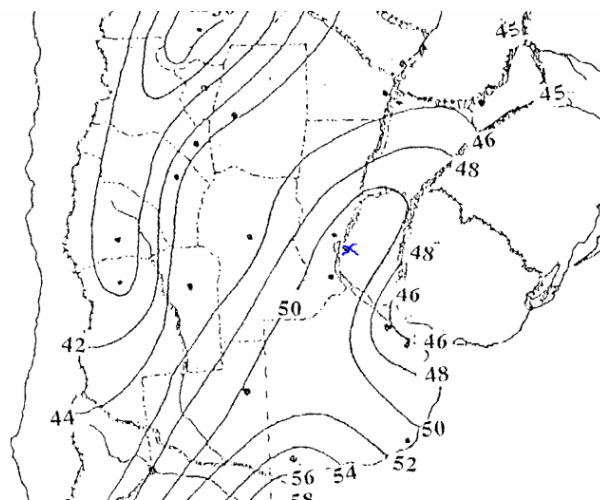
$$Pp = 0,6 \frac{kN}{m^2}$$

- **Cargas de viento**

La determinación de las cargas de viento se hace en función del reglamento CIRSOC 102 el cual especifica las acciones de viento.

1.1 Método analítico - determinación de velocidades básicas y coeficientes:

En primera instancia, se utiliza la tabla de la figura 1B del reglamento para determinar la **velocidad básica** en función de la localización geográfica de la edificación.



$$\text{Velocidad básica} = 51 \frac{m}{s}$$

- Posteriormente, se determina el **factor de direccionalidad Kd**.

Tabla 6		Factor de direccionalidad del viento, K_d
Tipo de estructura	Factor de direccionalidad K_d *	
Edificios		
Sistema principal resistente a la fuerza de viento	0,85	
Componentes y revestimientos	0,85	
Cubiertas abovedadas	0,85	
Chimeneas, tanques y estructuras similares		
Cuadradas	0,90	
Hexagonales	0,95	
Redondas	0,95	
Carteles llenos	0,85	
Carteles abiertos y estructura reticulada	0,85	
Torres reticuladas		
Triangular, cuadrada, rectangular	0,85	
Toda otra sección transversal	0,95	

* El factor de direccionalidad K_d se ha calibrado con las combinaciones de carga especificadas en el Apéndice B. Este factor se debe aplicar solo cuando se use conjuntamente con las combinaciones de carga especificadas en B.3 o en los respectivos reglamentos de aplicación.

Coefficiente de direccionalidad $\rightarrow K_d = 0,85$

- **Factor de importancia:** Se determina según la tabla A-1 del apéndice del reglamento. Estableciendo categoría I: $I = 0,80$.

TABLA A-1 - Clasificación de Edificios y Otras Estructuras para Cargas de Viento

Naturaleza de la Ocupación	Categoría
Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones Agrícolas. • Ciertas instalaciones temporarias. • Instalaciones menores para almacenamiento. 	I
Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en Categorías I, III y IV.	II
Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. • Edificios y otras estructuras para guarderías, escuelas primarias y secundarias con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. • Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Instalaciones para cárceles y detenciones. • Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones petroquímicas. • Instalaciones para almacenamiento de combustibles. • Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. • Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, receptáculos de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.	III
Edificios y otras estructuras diseñadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitados a: <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y otras instalaciones para el cuidado de la salud que tienen instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Cuarteles de bomberos, centros de rescate, estaciones de policía y garajes para vehículos de emergencia. • Refugios diseñados contra sismos, huracanes y otras emergencias. • Centros de comunicaciones y otras instalaciones necesarias para respuestas a emergencias. • Estaciones generadoras de energía y otras instalaciones de utilidad pública necesarias en una emergencia. • Estructuras auxiliares necesarias para la operación de aquellas de Categoría IV durante una emergencia (incluyendo pero no limitado a torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de refrigeración, estructuras de sub-estaciones de electricidad, tanques de agua para incendio u otras estructuras de alojamiento o soporte de agua, otros materiales o equipamiento para combatir el fuego). • Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo y hangares de emergencia. • Instalaciones de almacenamiento de agua y estructuras de bombeo requeridas para mantener la presión de agua para combatir incendios. • Edificios y otras estructuras con funciones críticas de defensa nacional. 	IV

Tabla 1		Factor de importancia, I (Cargas de viento)
Categoría		I
I		0,87
II		1,00
III		1,15
IV		1,15

Nota:
1. La clasificación de edificios y estructuras en categorías se indican en la Tabla A-1 del Apéndice A.

- Categoría de exposición:** Se adopta la categoría C debido a que se lo puede considerar como un terreno abierto con obstrucciones dispersas que poseen alturas generalmente menores que 10 m. Esta categoría incluye terreno plano abierto y praderas.



- Coefficientes de exposición para presión dinámica:** Se ingresará a la tabla 4 del reglamento con la categoría de exposición obtenida previamente.

Exposición	α	z_g (m)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (m)	$\bar{\varepsilon}$	z_{min} (m)
A	5,0	457	1/5	0,64	1/3,0	0,30	0,45	55	1/2,0	18,3
B	7,0	366	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	98	1/3,0	9,2
C	9,5	274	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152	1/5,0	4,6
D	11,5	213	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198	1/8,0	2,1

Cálculo de Kz			
Piso	α	zg	Kz
9.60 m	9.5	274	0.993

- **Factor topográfico:** Se considera un $K_{zt}=1$ dado que la edificación se localiza en una zona plana, K_1 será igual a cero (debido a que la altura H de sobreelevación del terreno es 0).
- **Período:** Se calculará mediante la relación esbeltez h y ancho y mediante la fórmula:

$$T = C \cdot H^{0.75}$$

Valores de C	
Acero	0.085
H°	0.075

Período= $T=C \cdot H^{0.75}$	0.46	
$F=1/T$	2.17	Estructura Rígida

RELACIÓN DE ESBELTEZ H/ANCHO	16.00	Estructura Flexible
------------------------------	-------	---------------------

Para los cálculos del Factor de Efecto Ráfaga, se calculará a la columna del conjunto como estructura Flexible.

Factor de ráfaga ESTRUCTURA FLEXIBLE		$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7I_z \sqrt{g_0^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7g_v I_z} \right)$ 1.126	
Z	5.76		
$I_z = c \left(\frac{z}{Z} \right)^{0,4}$	0.219		
C	0.2	Frecuencia	2.17 Hz
β_q	3.4	B (ANCHO DE TORRE)	5.00
β_v	3.4		
$g_R = \sqrt{2 \ln(3600 n_s)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 n_s)}}$	4.37	h (ALTURA TOTAL)	9.60
$\frac{c_s}{(1+0,16z)^{0,18}}$	0.866	Profundidad Columna (Lado Menor)	0.60
$L_z = \left(\frac{z}{10} \right)^{0,4}$	136.12		
β	0.005		
ℓ	152		
ϵ	1/5		
\bar{b}	0.65		
\hat{a}	1/9		
α	1/6		
$N_s = \frac{n_s L_z}{V_z}$	9.72		
$V_z = \bar{b} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,4} V$	30.45		
$R_{s0} = \frac{7,47 N_s}{(1+10,3 N_s)^{0,73}}$	0.033		
$R_s = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta})$ para $\eta > 0$	0.267	R_h	$R_s = R_h$ cuando $\eta = 4,6n_s h / \bar{V}_z$ 3.15
$R_s = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta})$ para $\eta > 0$	0.674	R_L	$R_s = R_L$ cuando $\eta = 15,4n_s L / \bar{V}_z$ 0.66
$R_s = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta})$ para $\eta > 0$	0.431	R_B	$R_s = R_B$ cuando $\eta = 4,6n_s B / \bar{V}_z$ 1.64
$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_h R_L R_B (0,53 + 0,47 R_s)}$	0.644		

Exposición	α	Z_e (m)	\hat{a}	\hat{b}	\hat{c}	\hat{d}	c	ℓ (m)	ϵ	Z_{min} (m)
A	5.0	457	1/5	0.64	1/3.0	0.30	0.45	55	1/2.0	18.3
B	7.0	366	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	98	1/3.0	9.2
C	9.5	274	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152	1/5.0	4.6
D	11.5	213	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198	1/8.0	2.1

Z_{min} : altura mínima utilizada para asegurar que la altura equivalente Z es mayor que $0.6h$ ó Z_{min} . Para edificios con $h \leq Z_{min}$, Z se debe tomar como Z_{min} .

Tipo de construcción	β
Edificios con estructura de hormigón armado, con tabiques o divisiones con membras de ladrillos. Construcciones de mampostería	0.020
Edificios con estructura de acero soldado y divisiones de paneles livianos.	0.010
Tornes y chimeneas de hormigón armado.	0.015
Tornes y chimeneas de hormigón pretensado.	0.010
Tornes, chimeneas y antenas de acero soldado.	0.005
Tornes, chimeneas y antenas de acero roblonado.	0.010
Estructuras de madera.	0.030

B dimensión horizontal de un edificio medida normalmente a la dirección del viento, en m.
L dimensión horizontal de un edificio medida paralelamente a la dirección del viento, en m.

- **Coefficiente de presión interna GC_{pi}**: dada la categorización, según la tabla 7 del reglamento, $GC_{pi} = \pm 0,00$. Considerandose como un cerramiento abierto

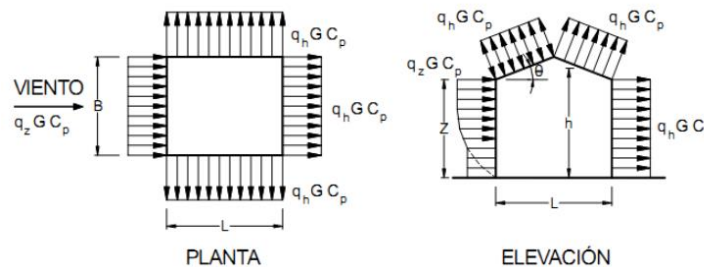
Clasificación de cerramiento	GC _{pi}
Edificios abiertos	0,00

1.2 Evaluación de la presión dinámica

La presión dinámica q_z, evaluada a la altura z, se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 I$$

Se ha confeccionado la siguiente tabla para calcular dicha presión a diferentes alturas z:



Presión dinámica →	$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$
--------------------	--

PRESIÓN DINÁMICA							
Dimensión en Y	Altura	K _z	K _{zt}	K _d	V - m/s	I	q _z - N/m ²
9.60 m	9.60 m	0.993	1	0.85	51	0.87	1170.36
q _z =	1170.36						

COEFICIENTE DE FUERZA NETA PARA WX	
h/d	16
Cf	1.700

COEFICIENTE DE FUERZA NETA PARA WY	
h/d	24
Cf	1.967

CARGA DE VIENTO WX	
F	2241 N/m ² 2.24 kN/m²

CARGA DE VIENTO WY	
F	2241 N/m ² 2.24 kN/m²

Sección transversal	Tipo de superficie	h/D		
		1	7	25
Cuadrada (viento normal a la cara)	Todas	1,3	1,4	2
Cuadrada (viento según la diagonal)	Todas	1,0	1,1	1,5
Hexagonal u octogonal	Todas	1,0	1,2	1,4
Circular ($D\sqrt{q_z} > 5,3$), D en m, q_z en N/m ²	Moderadamente suave	0,5	0,6	0,7
	Rugosa (D/D ≅ 0,02)	0,7	0,8	0,9
	Muy rugosa (D/D ≅ 0,08)	0,8	1,0	1,2
Circular ($D\sqrt{q_z} \leq 5,3$), D en m, q_z en N/m ²	Todas	0,7	0,8	1,2

5.13. CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE EDIFICIOS ABIERTOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

La fuerza de viento de diseño para edificios abiertos y otras estructuras se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$F = q_z G C_f A_r \quad [N] \quad (20)$$

siendo:

- q_z : la presión dinámica evaluada a la altura z del baricentro del área A_r usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.2.;
- G : el factor de efecto de ráfaga del artículo 5.8.;
- C_f : el coeficiente de fuerza neta de las Tablas 9 a 13.;
- A_r : el área proyectada normal al viento, excepto cuando C_f es referido al área de la superficie real, en m².

1.2.1 Combinaciones de carga

Se utilizan diferentes combinaciones de carga para estados de servicio sin coeficientes de mayoración para realizar un análisis por el método de tensiones admisibles.

$$(D + F) + (\sum Li \text{ ó } W \text{ ó } T)$$

$$(D + F) + 0,70 \cdot [(\sum Li + W) \text{ ó } (W + T) \text{ ó } (\sum Li + T)]$$

$$(D + F) + 0,60(\sum Li + W + T)$$

Donde $\sum Li = (L + Lr + S + R + H)$

- D: peso propio o carga permanente
- F: Líquidos en presencia continua y altura definida.
- L: sobrecarga de servicio.
- Lr: sobrecarga útil de cubierta.
- W: Acción del viento
- S: Sobrecarga de hielo y nieve.
- R: Acción del agua de lluvia o hielo. Efectos producidos por acumulación de agua.
- H: Peso y empuje lateral del suelo y del agua en el suelo.
- T: autotensiones, soldadura, cedimiento de apoyos.

Una vez que las acciones han sido determinadas se debe realizar un análisis para obtener las reacciones y sollicitaciones de sección en los distintos elementos estructurales y en la estructura en su conjunto.

Observación: Las cargas de lluvia no son consideradas ya que por la forma de la cubierta se la considera con un escurrimiento libre y rápido, por lo que no serán una sobrecarga influyente en el cálculo.

1.3 Combinaciones de servicio:

$$CS1 = P_p + CM + L + L_R$$

$$CS2 = P_p + CM + W_1$$

$$CS3 = P_p + CM + W_2$$

$$CS4 = P_p + CM + 0,7 \cdot (L + L_R + W_1)$$

Donde:

- P_p : Peso propio del material.
- CM : Carga muerta permanente.
- W_1 : Carga de viento

1.4 PREDIMENSIONAMIENTO

A continuación, se llevará a cabo el predimensionamiento de los elementos estructurales que componen el sistema de transporte, sean vigas y columnas.

Primero se determinarán los distintos esfuerzos sobre las columnas, y luego mediante combinaciones de carga de servicio se obtendrán las tensiones máximas a evaluar en función de las admisibles, adoptando de esta manera un perfil que cumpla tanto con dicho requisito como con las alturas recomendadas en relación con la luz de apoyo y al tipo de elemento estructural.

1.5 Predimensionamiento de Columnas:

Se debe verificar que se cumpla con:

$$\frac{N}{A} \ll \frac{0,5F_y}{1,60}$$

A fin de aprovechar el material y trabajar en rangos de esbelteces de $\lambda = 100$

Como no se sabe con exactitud las cargas y no se puede realizar el análisis de cargas yendo elemento por elemento de la cadena de transferencia de cargas se hará una simplificación y se trabajará con áreas de influencia. Las columnas exteriores reciben un esfuerzo normal de las columnas que será:

$$N = 5,64 \text{ m} \cdot 0,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 4,51 \text{ kN}$$

Se toma la mitad de la luz por la colaboración que tendrá la columna intermedia.

F36			
Fy	355		
λ	λ_c	Fcr	Fcr/Fy
50	0,67	294,10	0,83
55	0,74	282,71	0,80
60	0,80	270,73	0,76
65	0,87	258,29	0,73
70	0,94	245,49	0,69
75	1,01	232,46	0,65
80	1,07	219,28	0,62
85	1,14	206,08	0,58
90	1,21	192,94	0,54
95	1,27	179,97	0,51
100	1,34	167,23	0,47
105	1,41	154,81	0,44
110	1,48	142,78	0,40

$$A_{necesaria} = \frac{4,51 \text{ kN} \cdot 1,60}{0,47 \cdot 355 \text{ MPa}} = 0,43 \text{ cm}^2$$

En función de la esbeltez de trabajo correspondiente a $0,47 \cdot Fy$ y $k = 2,1$ (se consideró un $k=2,1$ debido a que en el sentido del pórtico es desplazable y de forma conservadora se adopta ese valor) se obtiene el radio de giro mínimo necesario:

Observación 1: Este coeficiente k se utiliza por el hecho de que no se conoce con exactitud si se podrá materializar el empotramiento columna y viga y generar un nudo rígido. Utilizamos (Empotrado-Articulado-Desplazable)

Este radio de giro posteriormente será el del eje libre cuando se arme la columna.

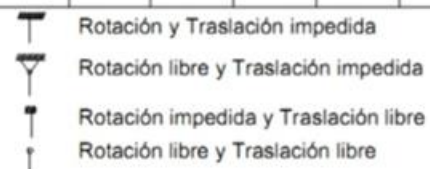
$$r = \frac{k \cdot L}{\lambda} = \frac{2,1 \cdot 9,60 \text{ m}}{100} = 20,16 \text{ cm}$$

En el otro sentido el radio de giro para el eje material y el cual deberá cumplir el perfil seleccionado cuando se arme la columna será:

$$r = \frac{k \cdot L}{\lambda} = \frac{2,1 \cdot 9,60 \text{ m}}{100} = 20,16 \text{ cm}$$

Observación 2: En este caso la longitud de pandeo en este plano será la misma que en el otro porque, en primera instancia no se propone disponer de un puntal intermedio para cortar la longitud de pandeo. Por otro lado, se utiliza un coeficiente k de $2,1$ ya que no se dispondrán de cruces de San Andrés para hacer que el pórtico sea indesplazable.

Valores de K para columnas

La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo						

Una vez definido los parámetros que gobiernan el predimensionamiento se decide por realizar una columna armada para incrementar los radios de giro a partir de separar la mayor cantidad de material posible de los ejes.

A motivos del predimensionado se adoptó un $K=2,1$ si bien se sabe que posteriormente para realizar el dimensionamiento de la columna armada se deberá corregir el K por inelasticidad, por giros extremos de la viga y por pandeo no simultaneo.

A partir del predimensionado, se determina que, o se deberá armar una columna del tipo 4 o tipo 5 para poder cumplir con los radios de giros requeridos por la sección para mantener una esbeltez baja y trabajar con una relación F_{cr}/F_y razonable, o bien se deberá encontrar un perfil comercial que cumpla con las condiciones requeridas.

Posteriormente, también se verá de definir las esbelteces locales y globales de modo que la tensión crítica de ambas se encuentre en un rango lo más cercano posible entre ellas.

1.5.1 Modelado en Ram Elements y Obtención de Esfuerzos

Se modela en el programa considerando el perfil W obtenido en el predimensionamiento y cuya calidad se proyecta que sea F36.

Se cargaron todos los estados de carga en el programa, pero solamente las 2 combinaciones más probables de que ocurran. En este caso, no se cargó ni L ni T.

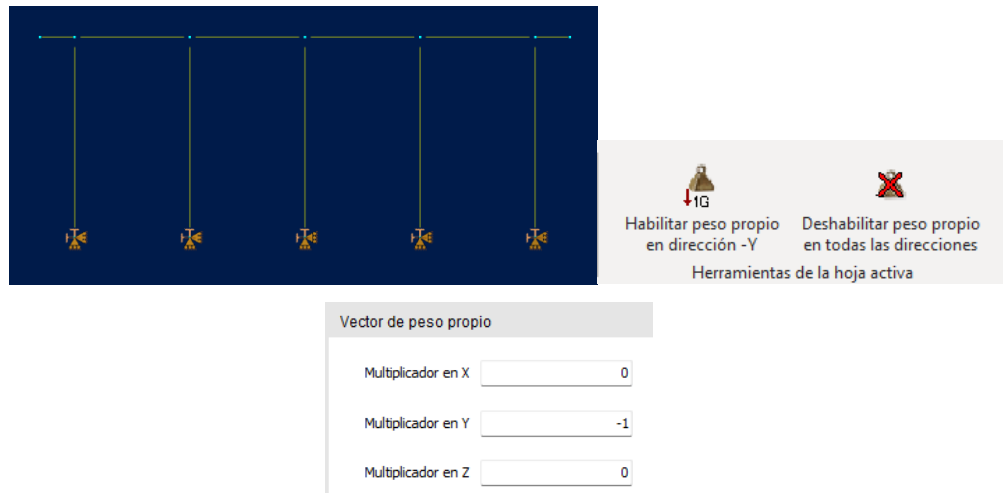


Figura 101: peso propio (Se habilitó en el programa)

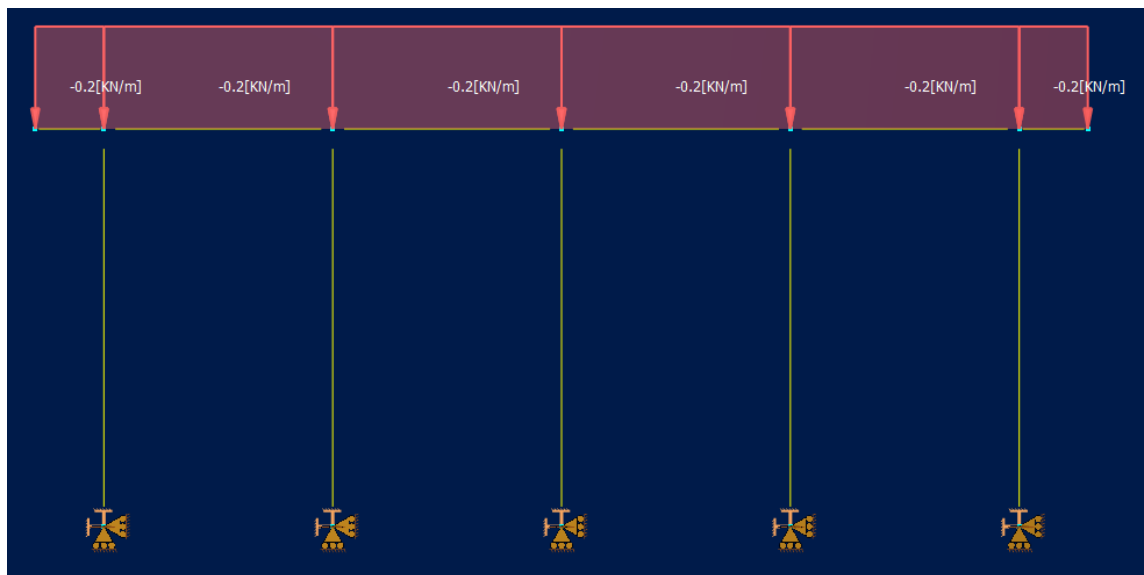


Figura 102: Carga Muerta

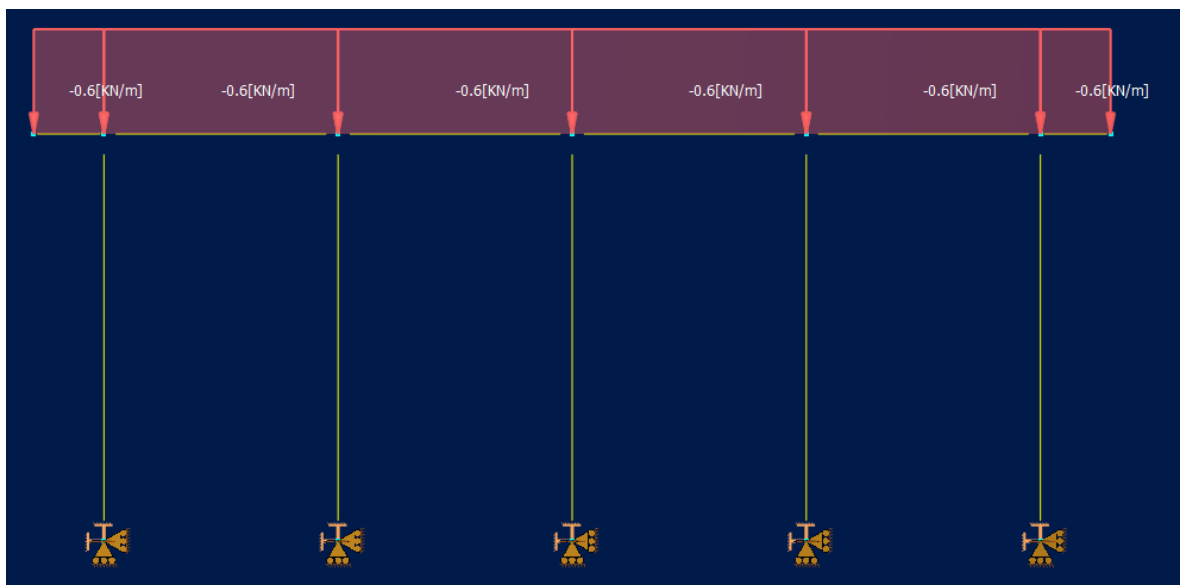


Figura 103: Sobrecarga

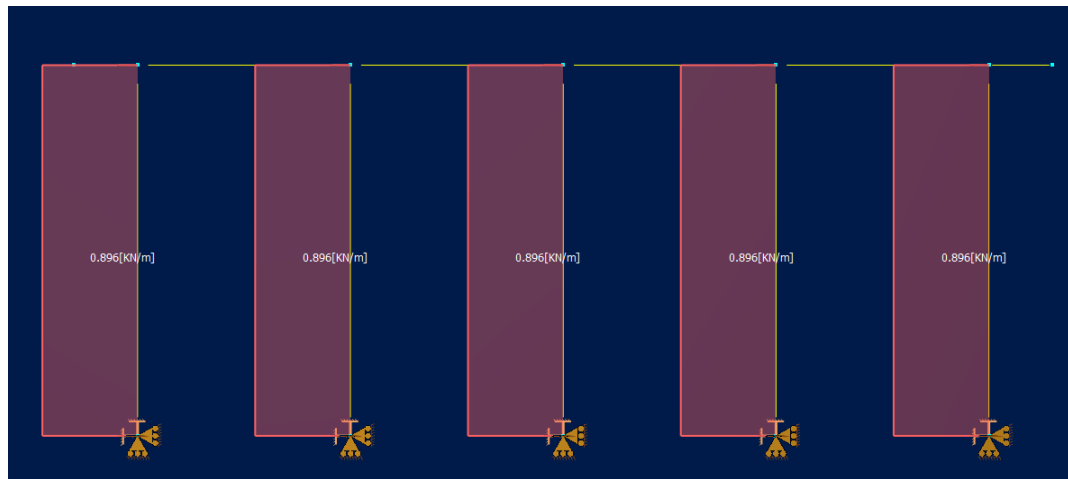


Figura 104: viento (se carga a todas las columnas por ser estructura abierta)

En este caso no se carga viento sobre la viga por tener inclinación menor a 10° y ser estructura abierta

1.5.2 Diseño de columnas de armadas grupo IV

Se asumirá, en este apartado, que los pórticos transversales tienen las columnas perimetrales empotradas en su base y al dintel superior (viga). El diseño contemplará el sistema de arriostramientos longitudinales que el grupo considere más eficiente.

Los estados límite últimos a considerar serán los siguientes, según la reglamentación vigente CIRSOC 301/2005:

$$\begin{aligned}
 E_0 &= 1,4D \\
 E_1 &= 1,2D + 1,6L + 0,5L_r \\
 E_2 &= 1,2D + 1,6L_r + 0,5L \\
 E_3 &= 1,2D + 1,6L_r + 0,8W \\
 E_4 &= 1,2D + 1,5W + 0,5(L + L_r) \\
 E_5 &= 1,2D + 0,5(L + L_r) \\
 E_6 &= 0,9D + 1,5W
 \end{aligned}$$

1.6 Columna central

Se obtienen los valores máximos para las columnas a partir de las combinaciones de carga.

COLUMNA	MOMENTO MÁX	58.62	E6
	CORTE MÁX	13.42	E6
	AXIAL MAX	29.78	E1

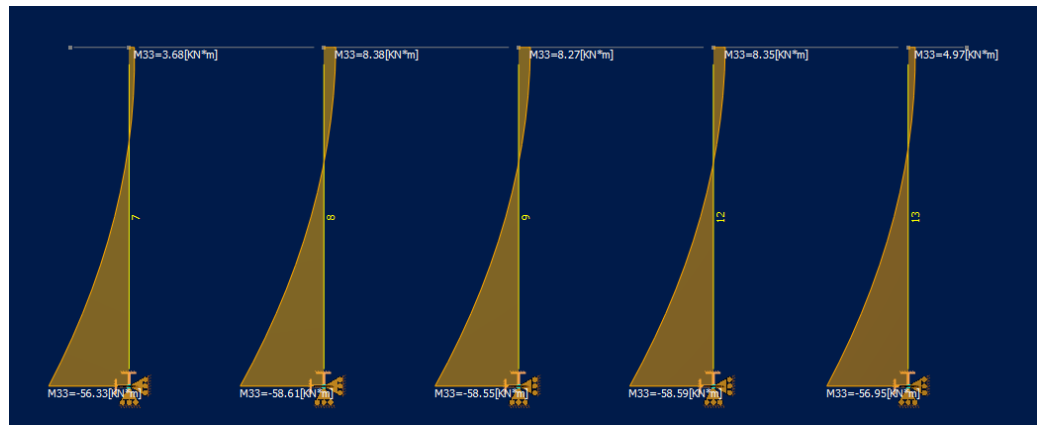


Figura 105: Diagrama de Momentos E6

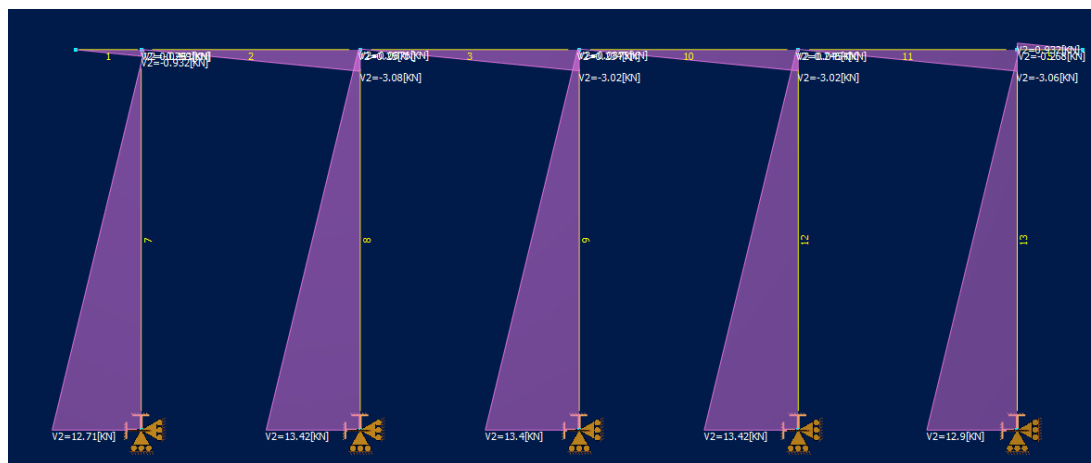


Figura 106: Diagrama de Corte E6

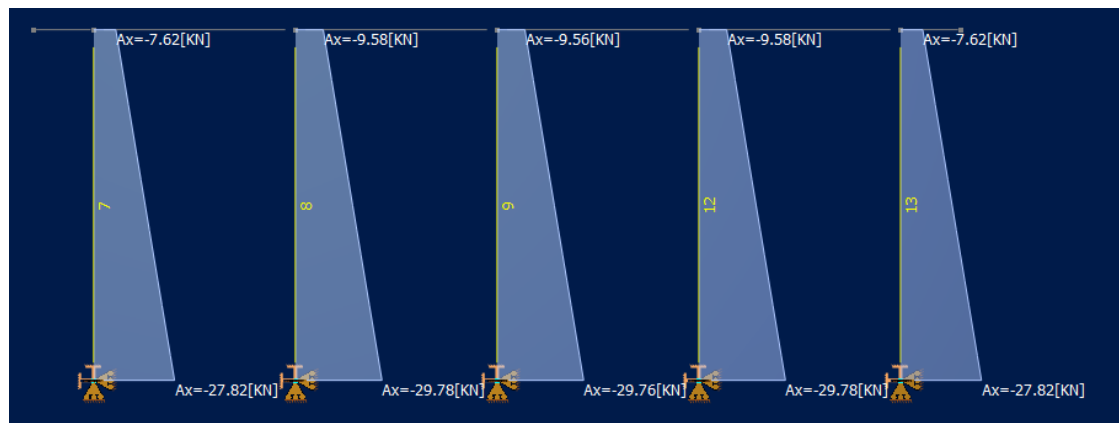


Figura 107: Diagrama de Esfuerzos Axiales E1

1.6.1.1 Determinación de los factores de longitud efectiva:

En el plano del pórtico la columna se encuentra empotrada – empotrada y es un sistema desplazable. Por lo tanto, se adopta $k_y=1,50 - 1,80$ como valor recomendable, aunque la tabla la Tabla C-C.2.1 del Reglamento CIRSOC 301 especifique $k=1,20$ lo cual representa que la rigidez de la viga debe ser 10 veces mayor que la rigidez de la columna, algo que se torna dificultoso a la hora de materializar las secciones, teniendo en cuenta que las vigas poseen más del doble de la longitud que las columnas, lo que requeriría una inercia 20 veces mayor.

1.6.2 Tipología adoptada

Podemos observar que, para ambos sentidos, la longitud de pandeo será exactamente la misma, lo que nos da un puntapié inicial fundamental. Significará que los radios de giro en ambos sentidos deberán ser lo más idénticos posibles, o bien, iguales.

Dado que la columna central actúa efectivamente como una biela, se opta por empezar a plantear su diseño como una columna de grupo IV, con la siguiente tipología cuadrada, conformada por 4 perfiles ángulo PNL unidos mediante planos de celosía materializada también por diagonales de perfil L (2 ejes libres, sin eje material).

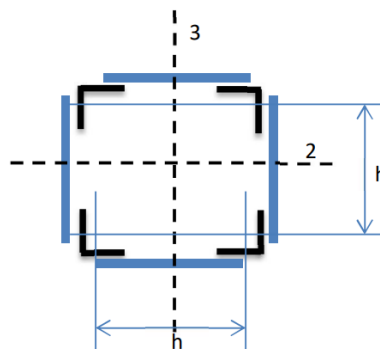


Figura 108: Sección transversal adoptada para Columna Central Grupo IV

La misma supone un gran ahorro de material frente a una columna materializada con un solo perfil W de alma llena, los cuáles en general actúan de manera poco eficiente (comparados con esta tipología) ya que, con el fin de llegar a un determinado radio de giro, resultan muy sobredimensionados en cuanto al área de la sección transversal, y por ende se vuelve un planteo poco económico.

1.6.3 Dimensionado de los cordones

Proponiendo una esbeltez global para el miembro igual a:

$$\lambda = 100$$

$$r_{nec} = \frac{K \cdot L}{\lambda} = \frac{1,5 \cdot 960 \text{ cm}}{100} = 14,4 \text{ cm}$$

Despreciando la inercia propia de los cordones que comprenden el exterior de la columna, se tiene que la separación h será el doble del radio de giro requerido. De ello se obtiene:

$$r_{nec} = \frac{h}{2} \rightarrow h = 14,4 \text{ cm} \cdot 2 = 28,8 \text{ cm}$$

Se propone como distancia $h = 30 \text{ cm}$. En base a ello se calculan los datos correspondientes a las dimensiones y separaciones de los cordones.

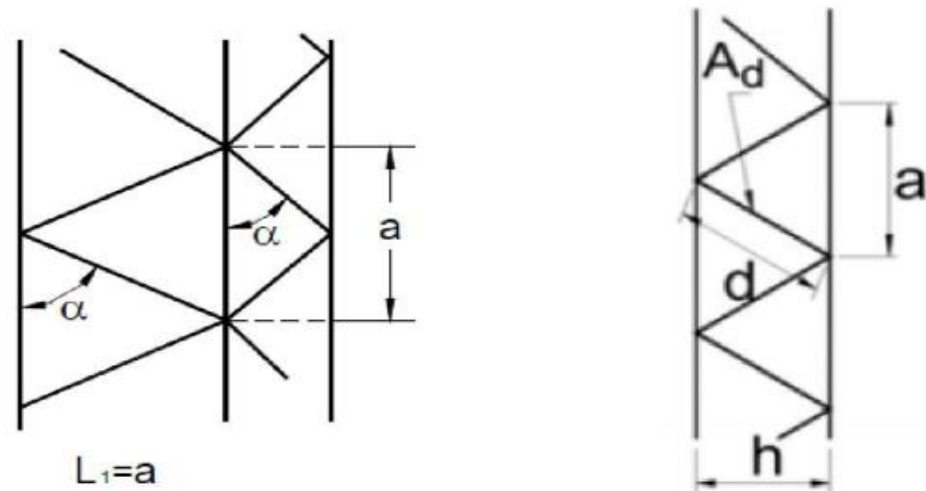


Figura 109: Medidas indicadas de forma gráfica

h [m]	0.30
a=2h [cm]	60.00
d [cm]	42.43

Tabla 25: medidas principales

A su vez, se efectúa el predimensionamiento de la sección de los perfiles a adoptar, para luego realizar la verificación por esbeltez local del cordón.

Para una esbeltez global de 100, se procede a calcular la tensión crítica:

$$\lambda = 100$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \cdot \lambda = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{355 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}}} \cdot 100 = 1,34$$

$$1,34 < 1,50 \rightarrow F_{cr} = 0,658^{\lambda_c^2} \cdot F_y = 0,658^{1,34^2} \cdot 355 \text{ MPa} = 167,23 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 167,23 \text{ MPa}$$

$$e_o = \frac{k \cdot L}{500} = \frac{1,5 \cdot 960 \text{ cm}}{500} = 2,88 \text{ cm}$$

$$Pu_1 = \frac{Pu}{4} + \frac{Mu}{h} + \frac{Pu \cdot e_o}{h} = \frac{29,78 \text{ kN}}{4} + \frac{58,62 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0,30 \text{ m}} + \frac{29,78 \text{ kN} \cdot 2,88 \text{ cm}}{0,30 \text{ m}} = 205,70 \text{ kN}$$

$$A_{nec} = \frac{Pn}{\phi \cdot F_{cr}}$$

$$Pn = \frac{Pu}{4} = \frac{205,70 \text{ kN}}{4} = 51,42 \text{ kN}$$

$$A_{nec} = \frac{51,42 \text{ kN}}{0,85 \cdot 167,23 \text{ MPa}}$$

$$A_{nec} = 3,61 \text{ cm}^2$$

Se adopta un **PNL (2' ¼ x 1/4)**

Ángulo	Lado		Espesor		Radios de acuerdo		Área de la sección	Masa nominal por unidad de longitud	Distancias al centro de gravedad			Momentos de inercia			Módulos resistentes		Radios de giro		
	b	2	r	r _s	S	m _s			f _x =f _y	w	V ₁	I _x =I _y	I _v	I _z	W _x =W _y	W _v	i _x =i _y	i _z	i _v
pulgadas	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm						
2 x 3/16	50,8	4,8	7	3,5	4,72	3,70	1,42	3,61	2,00	11,26	4,41	18,12	3,06	2,20	1,54	1,96	0,97		
2 x 1/4	50,8	6,4	7	3,5	6,17	4,84	1,49	3,61	2,10	14,45	5,80	23,10	4,00	2,77	1,53	1,93	0,97		
2 1/4 x 3/16	57,2	4,8	8	4	5,31	4,17	1,56	4,03	2,20	15,88	6,13	25,64	3,84	2,79	1,73	2,20	1,07		
2 1/4 x 1/4	57,2	6,4	8	4	6,96	5,46	1,63	4,03	2,30	20,49	8,10	32,87	5,03	3,53	1,72	2,17	1,08		
2 1/2 x 3/16	63,5	4,8	9	4,5	6,00	4,71	1,72	4,53	2,43	22,70	8,65	36,76	4,85	3,56	1,95	2,48	1,20		
2 1/2 x 1/4	63,5	6,4	9	4,5	7,87	6,18	1,80	4,53	2,53	29,43	11,49	47,37	6,39	4,54	1,93	2,45	1,21		
3 x 1/4	76,2	6,4	10	5	9,43	7,40	2,09	5,37	2,94	50,39	19,47	81,30	9,14	6,62	2,31	2,94	1,44		
3 x 5/16	76,2	7,9	10	5	11,49	9,02	2,15	5,37	3,03	60,74	23,89	97,59	11,15	7,88	2,30	2,91	1,44		
3 x 3/8	76,2	9,5	10	5	13,64	10,71	2,22	5,37	3,12	71,15	28,47	113,82	13,21	9,11	2,28	2,89	1,44		
3 1/2 x 5/16	88,9	7,9	11	5,5	13,57	10,65	2,47	6,29	3,48	99,66	38,85	160,47	15,49	11,17	2,71	3,44	1,69		
3 1/2 x 3/8	88,9	9,5	11	5,5	16,14	12,67	2,53	6,29	3,57	117,20	46,37	188,04	18,41	12,98	2,69	3,41	1,70		
4 x 5/16	101,6	7,9	12	6	15,65	12,28	2,78	7,21	3,92	152,41	59,00	245,82	20,54	15,04	3,12	3,96	1,94		
4 x 3/8	101,6	9,5	12	6	18,63	14,63	2,85	7,21	4,02	179,81	70,56	289,07	24,47	17,55	3,11	3,94	1,95		
4 x 1/2	101,6	12,7	12	6	24,45	19,19	2,98	7,21	4,20	230,95	92,84	269,07	31,99	22,09	3,07	3,89	1,95		

Tabla 26: Perfiles PNL comerciales Arcelor Mittal Acindar

La adopción de este perfil comercial tiene que ver principalmente con el requerimiento de área necesaria por la carga última Pu actuante sobre la columna. La misma se divide por 4 debido a que 4 perfiles conformarán la columna, uno en cada esquina.

Posteriormente, para la verificación mediante la esbeltez local del cordón, se adopta un valor de 50, siendo menor a la esbeltez global, para obtener el radio de giro requerido.

$$\lambda = 100$$

$$r_{req} = \frac{K \cdot a}{\lambda} = \frac{1 \cdot 0,60 \text{ m}}{100} = 0,6 \text{ cm}$$

$$r_{req} = 0,6 \text{ cm} < r_{adop} = 1,20 \text{ cm} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Se procede con el cálculo de la esbeltez normalizada para obtener la tensión crítica de pandeo del cordón.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} \cdot \lambda = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{355 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}}} \cdot 100 = 1,34$$

$$1,34 < 1,50 \rightarrow F_{Cr} = 0,658^{\lambda_c^2} \cdot F_y = 0,658^{1,34^2} \cdot 355 \text{ MPa} = 167,43 \text{ MPa}$$

$$F_{Cr} = 167,43 \text{ MPa}$$

Conjuntamente se debe realizar un análisis de las solicitaciones actuantes para así verificar si la sección adoptada cumple.

$$Pu_i = A_{adop} \cdot \phi \cdot F_{Cr}$$

La solicitación Pui deviene de la sumatoria del esfuerzo a compresión y el momento adicional generado por la excentricidad debido a no contar con esfuerzos de cortes o momentos aplicados ya que la columna funcionará como una biela

Los efectos de segundo orden se consideran a partir de tomar en cuenta una excentricidad inicial. Esto incrementa la carga total que tiene que absorber cada uno de los perfiles.

$$e_o = \frac{k \cdot L}{500} = \frac{1,5 \cdot 960 \text{ cm}}{500} = 2,88 \text{ cm}$$

Determinando el momento de segundo orden:

$$M_s = \frac{P_u \cdot e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} = \frac{205,70 \text{ kN} \cdot 2,88 \text{ cm}}{1 - 0,775} = 21,22 \text{ kNm}$$

Cabe destacar que la relación entre el esfuerzo al que se encuentra sometido la columna y la carga crítica de pandeo (P_u/P_{cm}) se ha obtenido directamente a partir de una planilla de cálculo que resuelve el proceso iterativo automáticamente.

Determinando el esfuerzo de compresión en el cordón con ambos términos:

$$P_{ui} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_u}{h} + \frac{M_s}{n_1 \cdot h} = \frac{205,70 \text{ kN}}{4} + \frac{36,59 \text{ kNm}}{2 \cdot 0,30 \text{ m}}$$

$$P_{ui} = 86,80 \text{ kN}$$

Finalmente:

$$A_{adop} = 6 \text{ cm}^2$$

$$P_{u_i} < A_{adop} \cdot \phi \cdot F_{Cr}$$

$$86,80 \text{ kN} < 6,96 \text{ cm}^2 \cdot 0,85 \cdot 167,43 \text{ MPa}$$

$$86,80 \text{ kN} < 99,05 \text{ kN} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

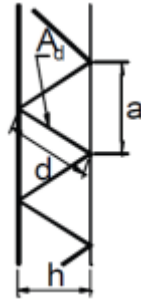
De esta forma se puede afirmar que el perfil escogido cumplirá correctamente con los requisitos para ser utilizado en el armado de la columna.

1.6.4 Cálculo de las diagonales

Debe determinarse en primer lugar la sección de diagonales. Se adoptarán ángulos de 45° para la disposición de estos elementos. Para el estado E6 no existe P_u de compresión, pero el corte último supera a la carga que solicitaría a la diagonal en E2.

$$V_u = 13,42 \text{ kN}$$

$$D_u = \frac{13,42 \text{ kN}}{2 \cdot \cos(45^\circ)} = 9,49 \text{ kN}$$



Luego, la longitud a del cordón localmente será:

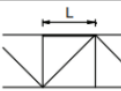
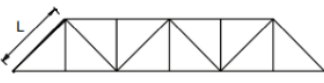
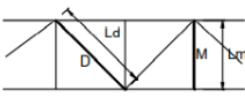
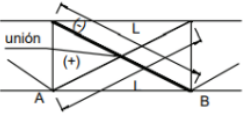
$$a = 2h = 2 \times 0,30m = 0,60m$$

$$d = \sqrt{0,30^2 + 0,30^2} = 0,4243 m$$

Se supone una esbeltez para las diagonales de $\lambda = 110$, de esta forma se calcula el radio de giro necesario para la sección:

$$r_{nec} = \frac{k \cdot d}{\lambda} = \frac{1 \times 42,43 \text{ cm}}{110} = 0,385 \text{ cm}$$

El factor de longitud efectivo k se obtiene de la figura 4-21 del Troglia y se verifica posteriormente.

CASO	ELEMENTO CONSIDERADO	k
1	 Cordón	1,00
2	 Diagonal extrema en vigas trapeciales	1,00
3	 Montante o diagonal en general excepto de solo angular	0,90 (1) (2)
	Barra de un solo angular	$\geq 1,00$ (3)
4	 Diagonal comprimida unida en su centro a una diagonal traccionada.	0,50

Factores de pandeo para diagonales

$$F_{cri} = 0,40F_y$$

$$A_g = \frac{D_u}{0,85 \cdot F_{cri} \cdot 10^{-1}} = \frac{13,42 \text{ kN}}{0,85 \cdot 0,40 \cdot 355 \text{ MPa} \cdot 10^{-1}} = 1,11 \text{ cm}^2$$

Dado que tanto el área necesaria y el radio de giro necesario es muy bajo, se buscará trabajar con una esbeltez menor y seleccionar un perfil ángulo que tenga un mayor radio de giro, por ejemplo 0,80.

Ángulo	Lado	Espesor		Radios de acuerdo		Área de la sección	Masa nominal por unidad de longitud	Distancias al centro de gravedad			Momentos de inercia			Módulos resistentes		Radios de giro		
	b	2	r	r ₁	S			m _s	f _x =f _y	w	V ₁	I _x =I _y	I _v	I _z	W _x =W _y	W _v	i _x =i _y	i _z
pulgadas	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm			cm ⁴			cm ³		cm			
1/2 x 1/8	12,7	3,2	4	2	0,71	0,56	0,42	0,95	0,62	0,19	0,08	0,29	0,10	0,08	0,35	0,45	0,24	
5/8 x 1/8	15,9	3,2	4	2	0,94	0,74	0,50	1,13	0,71	0,20	0,08	0,31	0,18	0,12	0,46	0,57	0,30	
3/4 x 1/8	19,1	3,2	4	2	1,13	0,89	0,58	1,34	0,82	0,35	0,14	0,55	0,26	0,18	0,55	0,70	0,36	
7/8 x 1/8	22,2	3,2	4	2	1,32	1,04	0,65	1,56	0,92	0,56	0,23	0,89	0,36	0,25	0,65	0,82	0,42	
1 x 1/8	25,4	3,2	4	2	1,51	1,19	0,73	1,77	1,03	0,84	0,34	1,34	0,48	0,34	0,75	0,94	0,48	
1 x 3/16	25,4	4,8	4	2	2,19	1,72	0,79	1,77	1,11	1,17	0,50	1,84	0,68	0,45	0,73	0,92	0,48	
1 1/4 x 1/8	31,8	3,2	5	2,5	1,97	1,55	0,89	2,26	1,26	1,83	0,72	2,93	0,79	0,57	0,96	1,22	0,61	
1 1/4 x 3/16	31,8	4,8	5	2,5	2,87	2,25	0,96	2,26	1,35	2,58	1,06	4,10	1,15	0,78	0,95	1,20	0,61	
1 1/2 x 1/8	38,1	3,2	6	3	2,37	1,86	1,03	2,69	1,46	3,11	1,20	5,02	1,12	0,82	1,15	1,46	0,71	
1 1/2 x 3/16	38,1	4,8	6	3	3,46	2,71	1,10	2,69	1,56	4,45	1,78	7,12	1,65	1,14	1,13	1,44	0,72	
1 1/2 x 1/4	38,1	6,4	6	3	4,49	3,53	1,17	2,69	1,65	5,63	2,33	8,93	2,14	1,42	1,12	1,41	0,72	
1 3/4 x 1/8	44,5	3,2	7	3,5	2,83	2,22	1,19	3,18	1,68	5,24	1,98	8,50	1,58	1,18	1,36	1,73	0,84	
1 3/4 x 3/16	44,5	4,8	7	3,5	4,14	3,25	1,27	3,18	1,79	7,57	2,97	12,17	2,34	1,66	1,35	1,71	0,85	
1 3/4 x 1/4	44,5	6,4	7	3,5	5,40	4,24	1,34	3,18	1,88	9,67	3,90	15,43	3,06	2,07	1,34	1,69	0,85	
2 x 1/8	50,8	3,2	7	3,5	3,21	2,52	1,34	3,16	1,89	7,76	2,95	12,58	2,07	1,56	1,55	1,98	0,96	

Tabla 27: Perfiles PNL comerciales Arcelor Mittal Acindar

Otra opción sería utilizar un $\varnothing 12 \text{ mm}$ que cubre $1,13 \text{ cm}^2$, pero para este caso se continúa utilizando perfiles ángulos y en este caso se elige un **PNL (1 1/2" x 1/4")**. En caso de que la soldadura sea muy difícil de realizar se unificarán los perfiles PNL y se utilizarán tanto para cordón como para diagonales los **PNL (2 1/4" x 1/4")**.

1.6.5 Cálculo de presillas

Para determinar las mismas, se utiliza la siguiente relación:

$$np \cdot \frac{I_p}{h} < 10 * \frac{I_1}{a}$$

Donde:

- np: número de plano de presillas
- I₁: inercia del cordón con respecto al eje paralelo al eje libre analizado
- I_p: inercia de una presilla en su plano
- h: separación entre ejes de las barras
- a: separación entre diagonales

En consecuencia:

$$I_1 = 4 * I + 4 * A * Y_g^2$$

$$I_1 = 4 * 20,49 \text{ cm}^4 + 4 * 6,96 \text{ cm}^2 * (15 \text{ cm})^2$$

$$I_1 = 6345,96 \text{ cm}^4$$

$$I_p \geq \frac{10 * I_1 * h}{n * a}$$

$$I_p = \frac{10 * 6345,96 \text{ cm}^4 * 0,30}{0,60 * 4}$$

$$I_p = 7932,45 \text{ cm}^4$$

Se verifican espesores comerciales de chapas laminadas en caliente:

LAMINADO CALIENTE		
ESPESOR		PESO
mm.	Nº de calibre	x m ²
1.60	16	12.60
1.80		14.70
2.00	14	15.84
2.50	12	19.80
2.85		22.17
3.20	1/8"	25.12
4.75	3/16"	37.70
6.35	1/4"	50.24
7.92	5/16"	62.80
9.52	3/8"	75.36
12.70	1/2"	100.50
15.88	5/8"	125.60
19.10	3/4"	150.70
22.22	7/8"	175.85
25.40	1"	201.00
31.75	1 1/4"	251.20
38.10	1 1/2"	301.44
44.45	1 3/4"	351.44

Tabla 28: chapas laminadas en caliente (Gramabi)

Adoptando $t = 1,588 \text{ cm}$ (5/8"). Se determina la altura h de la presilla a partir de la inercia requerida para la misma.

$$I_p = \frac{t * h^3}{12}$$

$$\rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{12 * 7932,45 \text{ cm}^4}{1,588 \text{ cm}}}$$

$$h = 39,14 \text{ cm}$$

Se adoptan presillas extremas de 15,88 [cm] de espesor y 40 [cm] de altura.

1.6.6 Cálculo de soldaduras

Resistencia de diseño del filete:

$$R_d = \varphi \cdot F_w \cdot A_w$$

Para corte en el área efectiva de la propia soldadura se empleará un factor de reducción de resistencias de 0,60. F_w será igual a $0,60 * F_{EXX}$

Se emplea un valor de $F_{EXX} = 480 \text{ MPa}$.

Soldadura de las diagonales

Teniendo en cuenta que las diagonales tienen un espesor de 7,9 mm, la garganta máxima de soldadura para el caso es:

$$\text{Espesor} - 2\text{mm} = 6,4 \text{ mm} - 2\text{mm} = 4,4 \text{ mm}$$

Por otra parte, el reglamento también especifica un espesor mínimo para el cateto de soldadura en función del espesor del material unido más grueso, siendo en este caso 6,4 mm el espesor del perfil L utilizado en las diagonales, por lo cual el tamaño mínimo de la soldadura de filete resulta 3 mm.

Espesor del Material Unido más Grueso (mm)	Espesor de Garganta Efectiva Mínima (a) (mm)	Espesor del Material Unido más Grueso (mm)	Tamaño Mínimo de la Soldadura de Filete (a) (mm)
hasta 6	3	Hasta 6	3
Más de 6 hasta 13	5	Más de 6 hasta 13	5
Más de 13 hasta 19.0	6	Más de 13 hasta 19	6
Más de 19.0 hasta 38	8	Más de 19	8
Más de 38 hasta 57	10		
Más de 57 hasta 150	13		
Más de 150	16		

(a) Lado del filete. Debe hacerse de una sola pasada.
(b) Ver la Sección J.2.2(b) para el lado máximo del cordón de filete.

Se adoptará este espesor de garganta mínimo, y en función de ello se define la resistencia por centímetro de la soldadura para luego obtener la longitud de soldadura necesaria:

$$Rd = \varphi \times Fw \times Aw = 0,6 * 0,6 * 480 \text{ MPa} * 0,707 * 0,003\text{m} * 0,01\text{m} * 10^5 = 366,50 \text{ KN}$$

Siendo $Du = 9,49 \text{ KN}$ para cada diagonal la longitud de la soldadura resulta:

$$Lt = \frac{Du}{Rd} = \frac{9,49 \text{ KN}}{366,50 \text{ KN}} = 0,0258 \text{ m} \rightarrow 2,6 \text{ cm}$$

La longitud necesaria resultante de la soldadura es demasiado pequeña, por lo que se termina empleando una soldadura de 2 filetes a cada lado del perfil PNL ángulo, de 5 centímetros cada uno en su encuentro con los cordones.

Soldadura de las presillas

Teniendo en cuenta que las presillas tienen un espesor de 16 mm, la garganta máxima de soldadura para el caso es:

$$\text{Espesor} - 2\text{mm} = 16 \text{ mm} - 2\text{mm} = 14 \text{ mm}$$

Se adoptará un espesor de soldadura de 6 mm, el cual resulta mínimo para espesor más grueso a unir comprendido entre 13 y 19 mm. En base a esto es posible definir la resistencia por centímetro de la soldadura para luego obtener la longitud necesaria:

$$Rd = \varphi \times Fw \times Aw = 0,6 * 0,6 * 480 \text{ MPa} * 0,707 * 0,006 \text{ m} * 0,01\text{m} * 1000 = 733 \text{ KN}$$

Siendo $Du = 7,62 \text{ KN}$ para cada diagonal la longitud de la soldadura resulta:

$$Lt = \frac{Du}{Rd} = \frac{7,62 \text{ KN}}{733 \text{ KN}} = 0,0104 \text{ m} \rightarrow 1,04 \text{ cm}$$

Por corrosión siempre conviene soldar todo el perímetro en contacto y reducir el cateto al mínimo posible, en este caso corresponde a 6 mm. Por lo tanto, se soldarán los 230 mm de alto de presilla.

1.7 Placa base

Para la vinculación de la estructura calculada al piso, se utiliza una placa metálica, cuyas características geométricas se describen y calculan a continuación.

Especificaciones técnicas

- Perfiles electrosoldados – chapas -> Acero F36

- Tensión de fluencia --- $F_y = 345 \text{ MPa}$
- Tensión de rotura --- $F_u = 400 \text{ MPa}$
- Varillas roscadas de anclaje -> Acero SAE 1010
- Tensión de fluencia --- $F_y = 305 \text{ MPa}$
- Tensión de rotura --- $F_u = 365 \text{ MPa}$

Como la columna posee dimensiones exteriores de 300 x 300 mm, se decide que la placa base sea de 500 x 500 mm. Por su parte, las varillas roscadas estarán situadas a 200 mm del centro de la placa, es decir, a 400 mm entre ejes.

1.7.1 Análisis de cargas

De acuerdo a las combinaciones del reglamento CIRSOC 301:

Combinaciones de cargas:

- $U=1,4D$
- $U=1,2D+1,6L+0,5Lr$
- $U=1,2D+1,6Lr+0,5L$
- $U=1,2D+1,6Lr+0,8W$
- $U=1,2D+1,6W+0,5L+0,5Lr$
- $U=0,9D+1,6W$

Para este caso de cálculo, corresponde la combinación de carga N°6.

1.7.2 Solicitaciones máximas

Las sollicitaciones máximas, calculadas anteriormente, son:

- Momento máximo: 58,62 KNm
- Carga axial máxima: 29,78 KN

De esta forma, según la imagen:

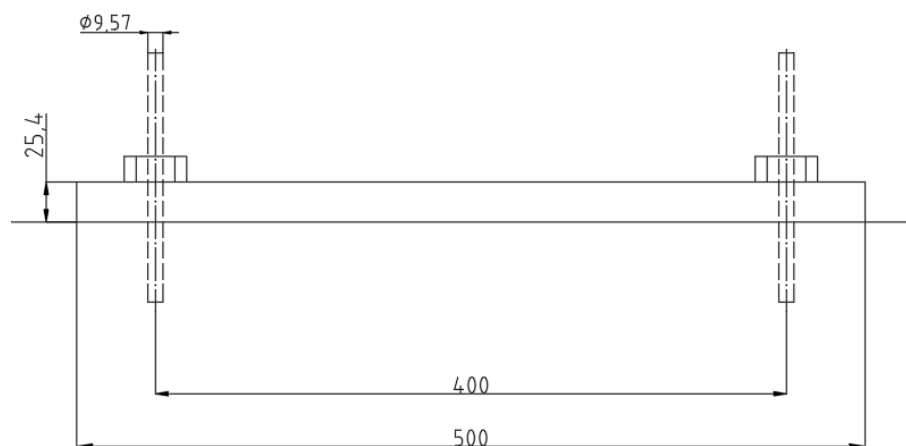


Figura 110: disposición de varillas roscadas

Solicitaciones debido al momento $\rightarrow F_M = \frac{58,62 \text{ KNm}}{0,2 \text{ m}} = 293,1 \text{ KN}$

Solicitaciones debido a la carga axial $\rightarrow F_A = \frac{29,78 \text{ KN}}{4} = 7,45 \text{ KN}$

De esta forma, las solicitaciones totales:

$$F_T = F_M + F_A = 300,55 \text{ KN}$$

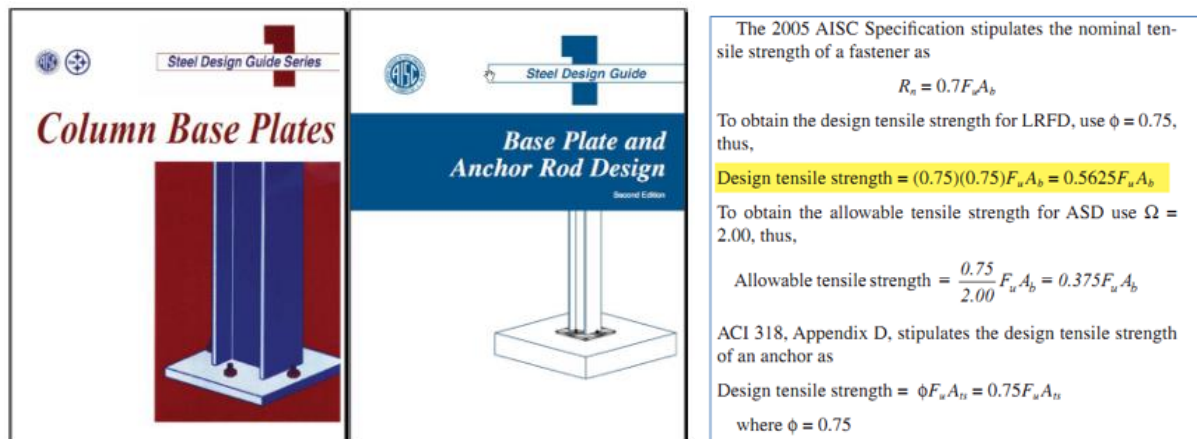
1.7.3 Selección de las varillas roscadas

Se adopta una distribución de 4 varillas de diámetro 3/8" (9,53 mm), una en cada esquina de la placa.

Sección transversal $\rightarrow A_{var} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,953 \text{ cm})^2}{4} = 0,713 \text{ cm}^2$

Capacidad de cada varilla

En base a la guía de diseño de AISC para placas base (Design Guide N°1):



$$R_n = 0,75 * 0,75,365 \text{ MPa} * 0,713 \text{ cm}^2 = 146,39 \text{ KN}$$

Como se trata de un conjunto de 4 varillas $\rightarrow 4 \times 146,39 \text{ KN} = 585,56 \text{ KN} > 300,55 \text{ KN}$

1.7.4 Espesor de placa base

La placa base se diseña a flexión para soportar el tiro axial que generan las solicitaciones externas. Se considera que el tiro global que solicita al ala de la columna ($U_n = 300,55 \text{ KN}$) se distribuye de manera pareja.

Tiro último por varilla

$$N_{u-varilla} = \frac{N_{u-ala}}{4} = \frac{300,55 \text{ KN}}{4} = 75,14 \text{ KN}$$

Excentricidad de cálculo

$$n_1 = \frac{400 \text{ mm}}{2} = 200 \text{ mm}$$

Diámetro perforación

$$d_p = 10,5 \text{ mm}$$

Longitud efectiva de desarrollo

$$b_1 = d_p + 2 * n_1 = 10,5 \text{ mm} + 2 * 200 \text{ mm} = 410,5 \text{ mm}$$

Momento flector en placa

$$M_u = N_{u-varilla} * n_1 = 75,14 \text{ KN} * 0,2 \text{ m} = 15,03 \text{ KNm} = 1503 \text{ KNcm}$$

Módulo resistente necesario

$$W_{nec} = \frac{M_u}{0,9 * F_y} = \frac{1503 \text{ KNcm}}{0,9 * 345 \text{ MPa}} = 48,4 \text{ cm}^3$$

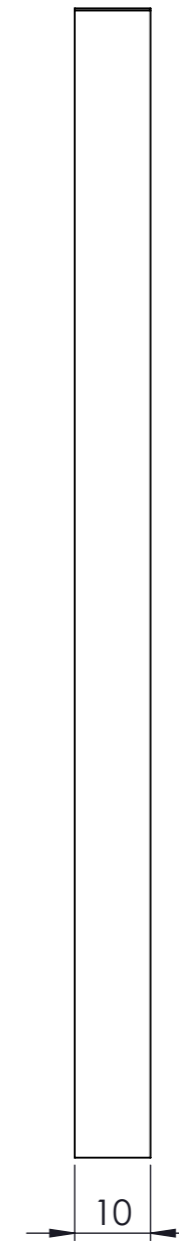
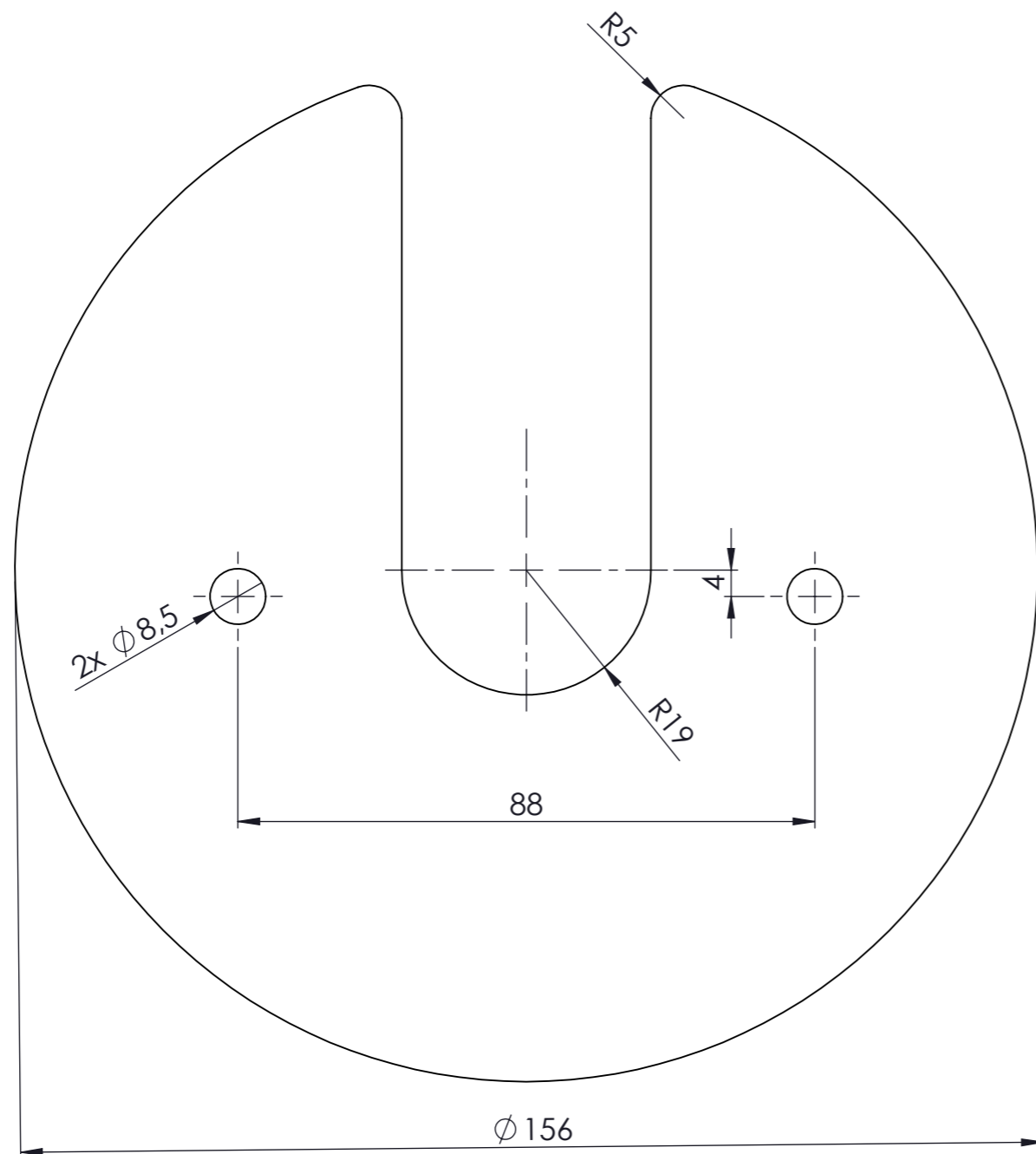
Espesor de placa

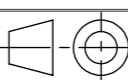
$$W_{nec} = \frac{b_1 * t_p^2}{4} \Rightarrow t_p = \sqrt{\frac{4 * W_{nec}}{b_1}}$$

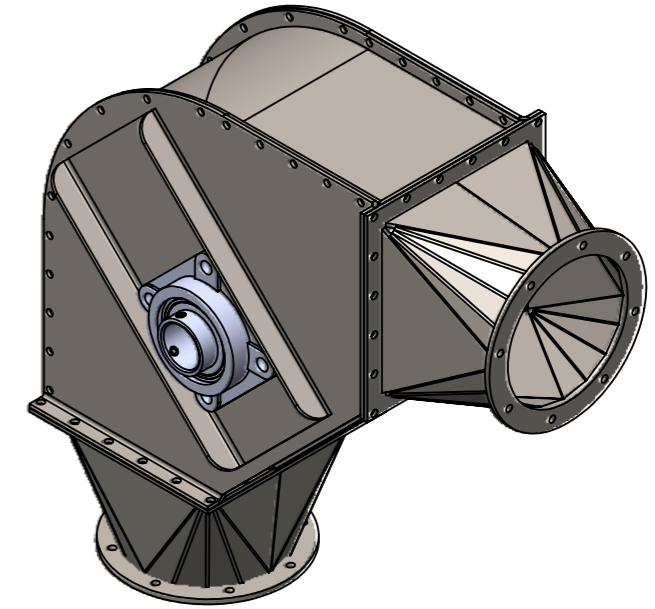
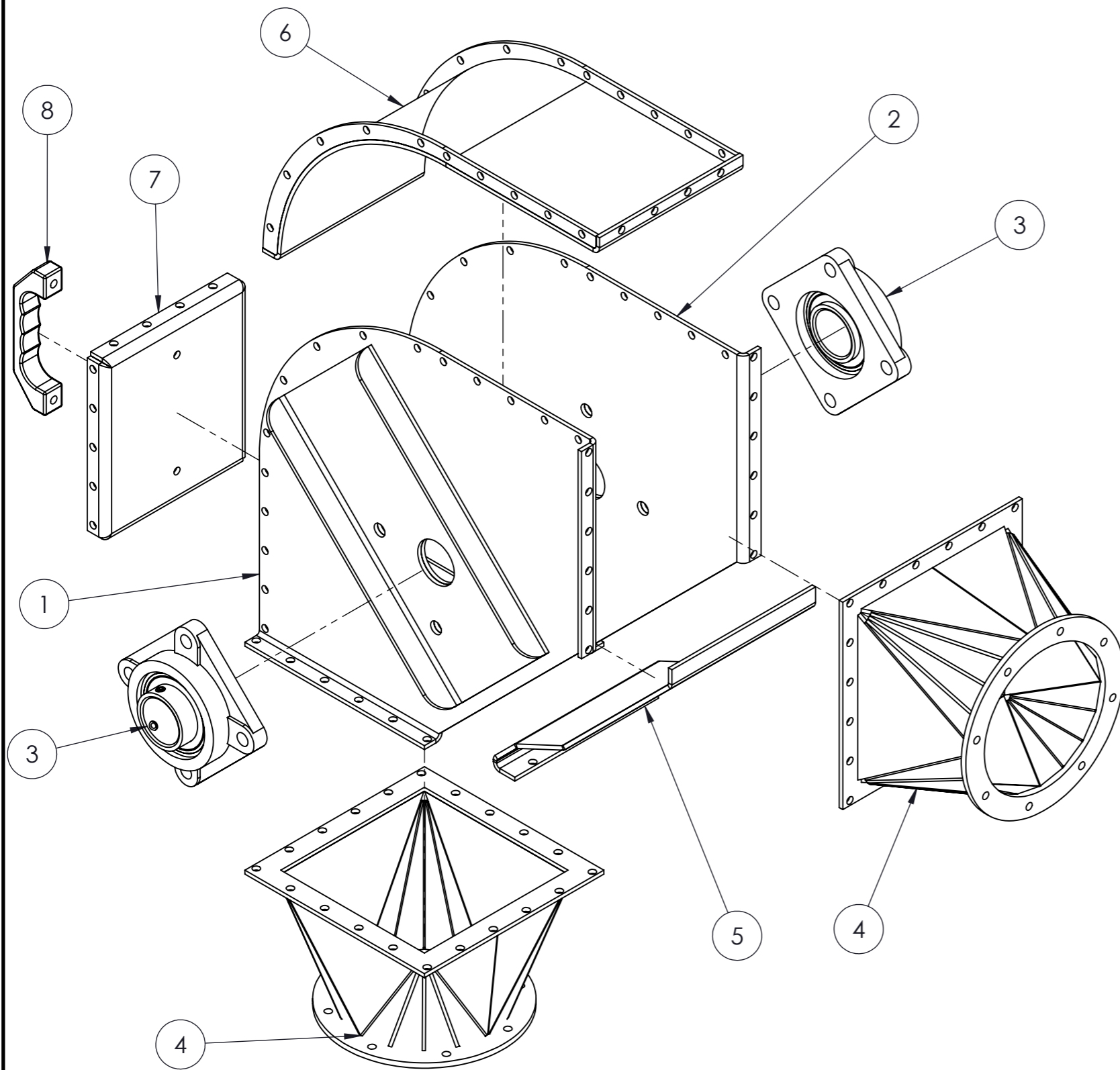
$$t_p = \sqrt{\frac{4 * 48,4 \text{ cm}^3}{41,05 \text{ cm}}} = 2,17 \text{ cm} = 21,7 \text{ mm}$$

Se adopta un espesor de placa de 1" (25,4 mm).

9. PLANIMETRÍA

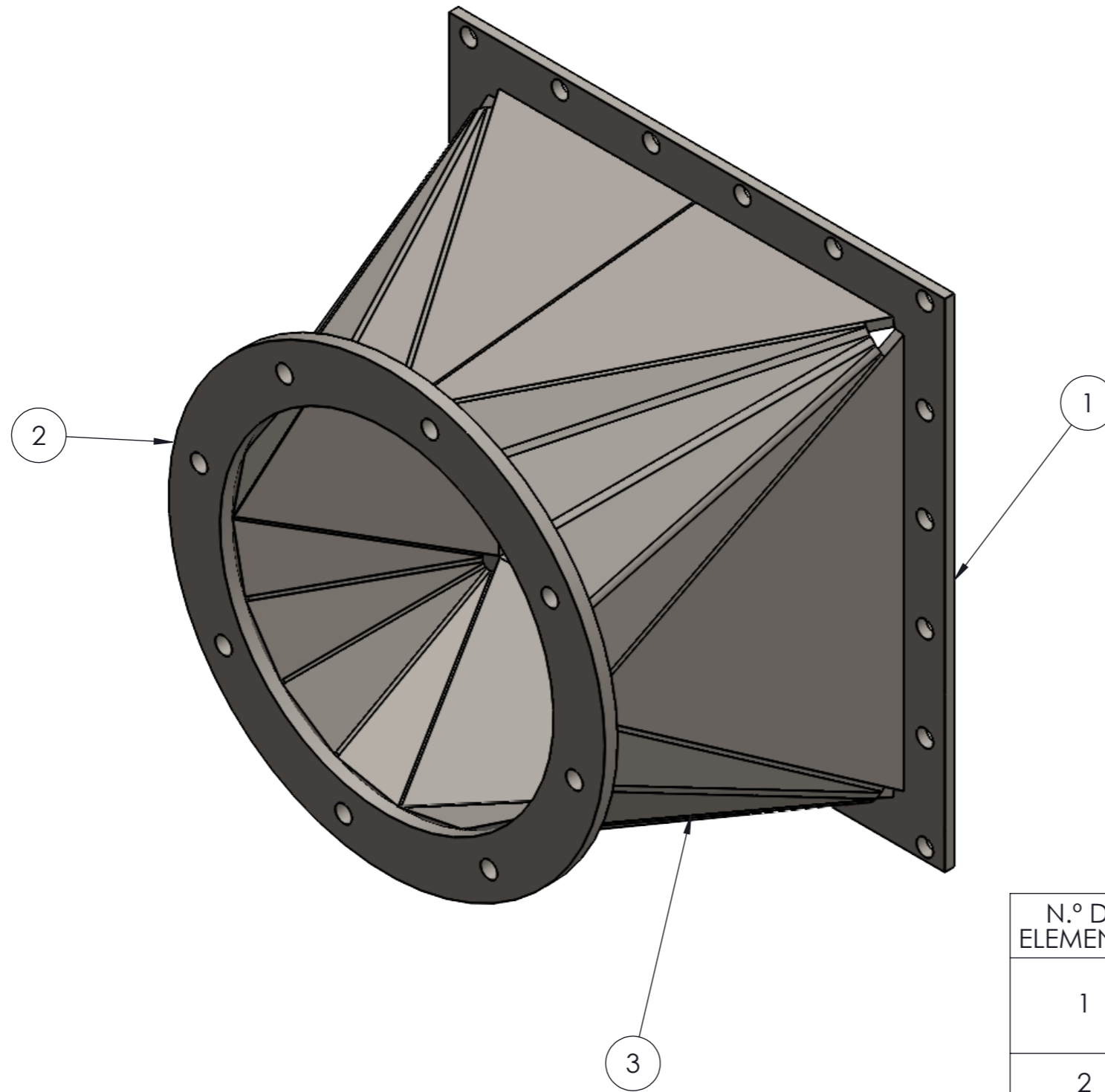


Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF		
	PROYECTO FINAL DE CARRERA				
Material: Polietileno UHMW	Escala	Titulo	N° de plano:	Hoja	
	1:1		2025-PFC-STG-001	1 de 8	
		Disco de arrastre	Nombre	Fecha	
			Dibujó	Alb - Giub	18/10/25
			Revisó		
	Formato A3		Aprobó		



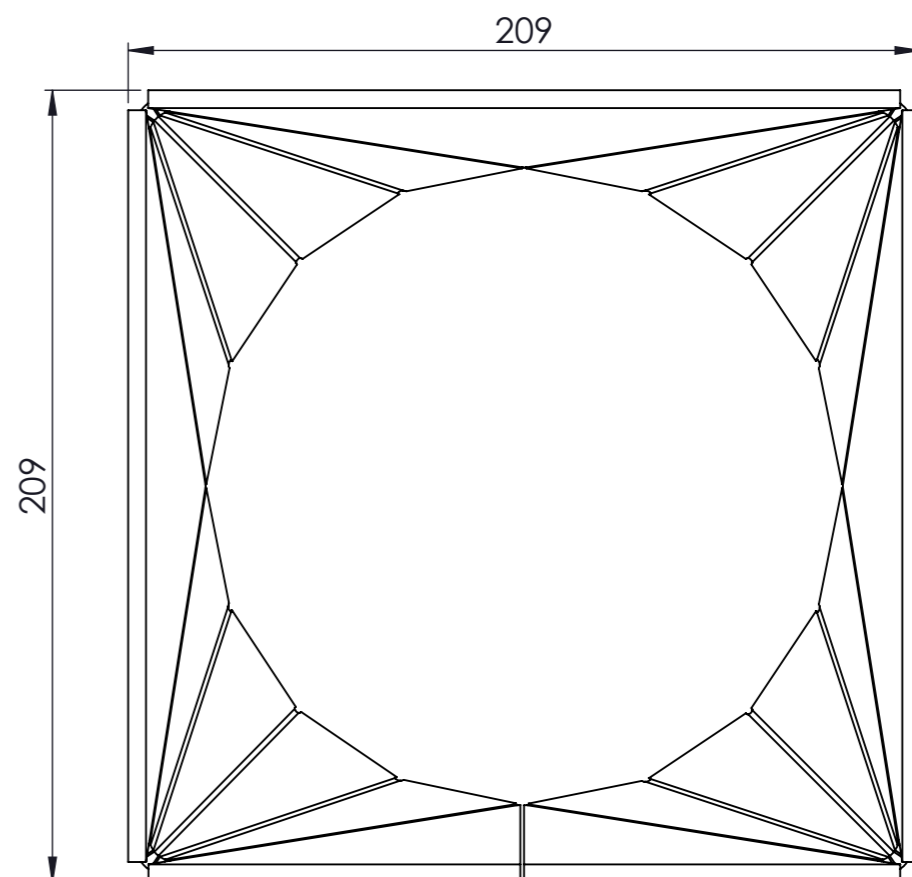
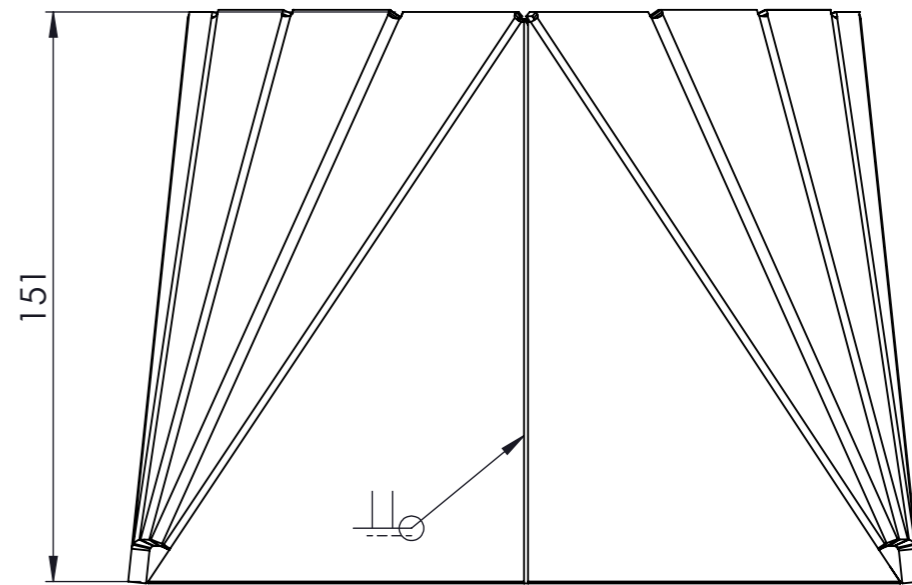
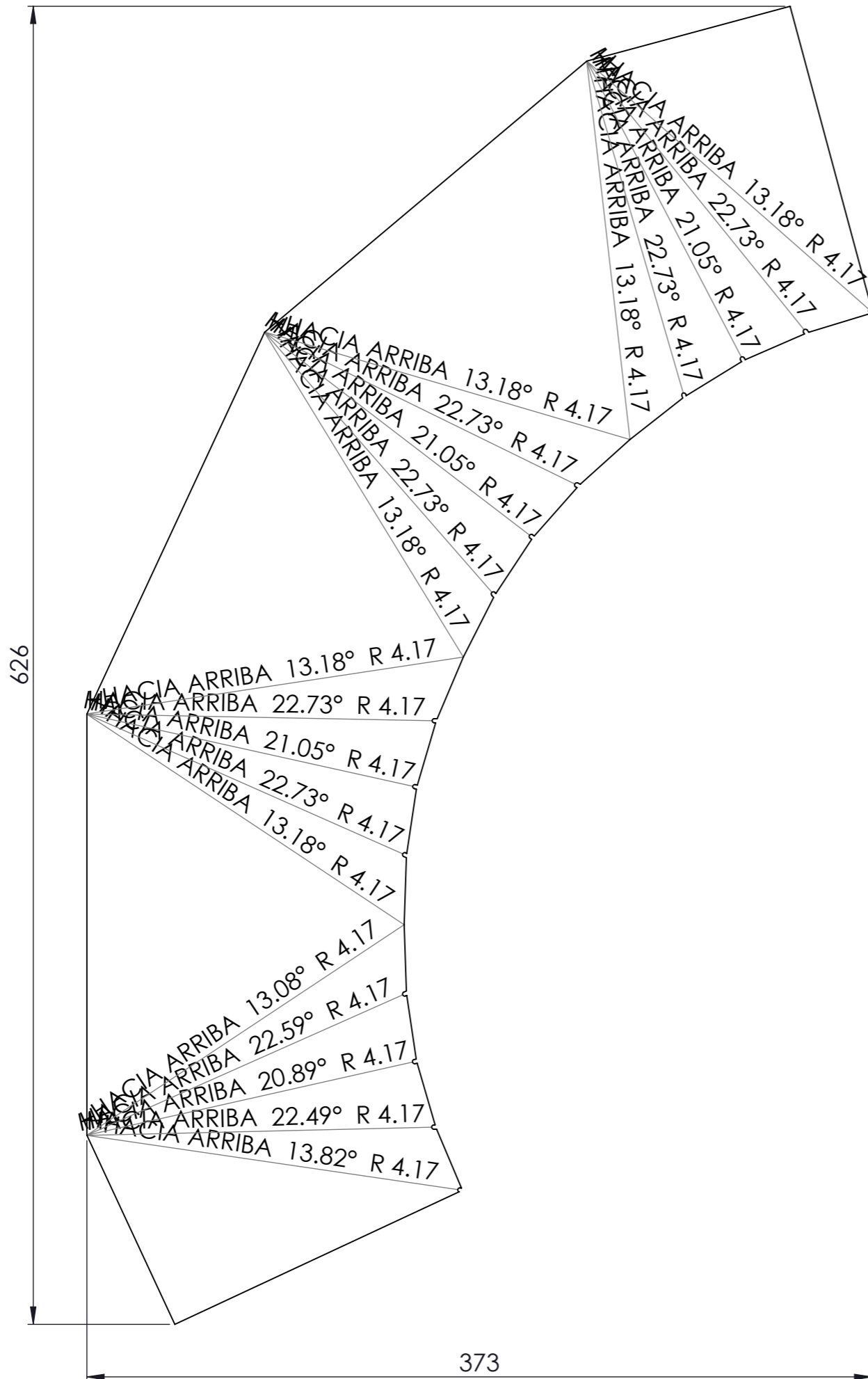
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Chapa lateral derecha corner estándar	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
2	Chapa lateral izquierda corner estándar	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
3	Porta rodamiento UCF214	Elemento comercial	2
4	Transformación caño - corner	Chapa SAE 1010 - 3/16" - 1/4"	2
5	Chapa inferior corner estándar	Chapa SAE 1010 - 3/16"	2
6	Chapa superior corner estándar	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
7	Chapa trasera corner estándar	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
8	Manija de agarre	Elemento comercial	1

Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF	
	PROYECTO FINAL DE CARRERA			
	Escala	Titulo	Nº de plano:	Hoja
	1:5	Córner Estándar	2025-PFC-STG-002	2 de 8
			Nombre	Fecha
Formato	Dibujó		Alb - Giub	18/10/25
A3	Revisó			
		Aprobó		

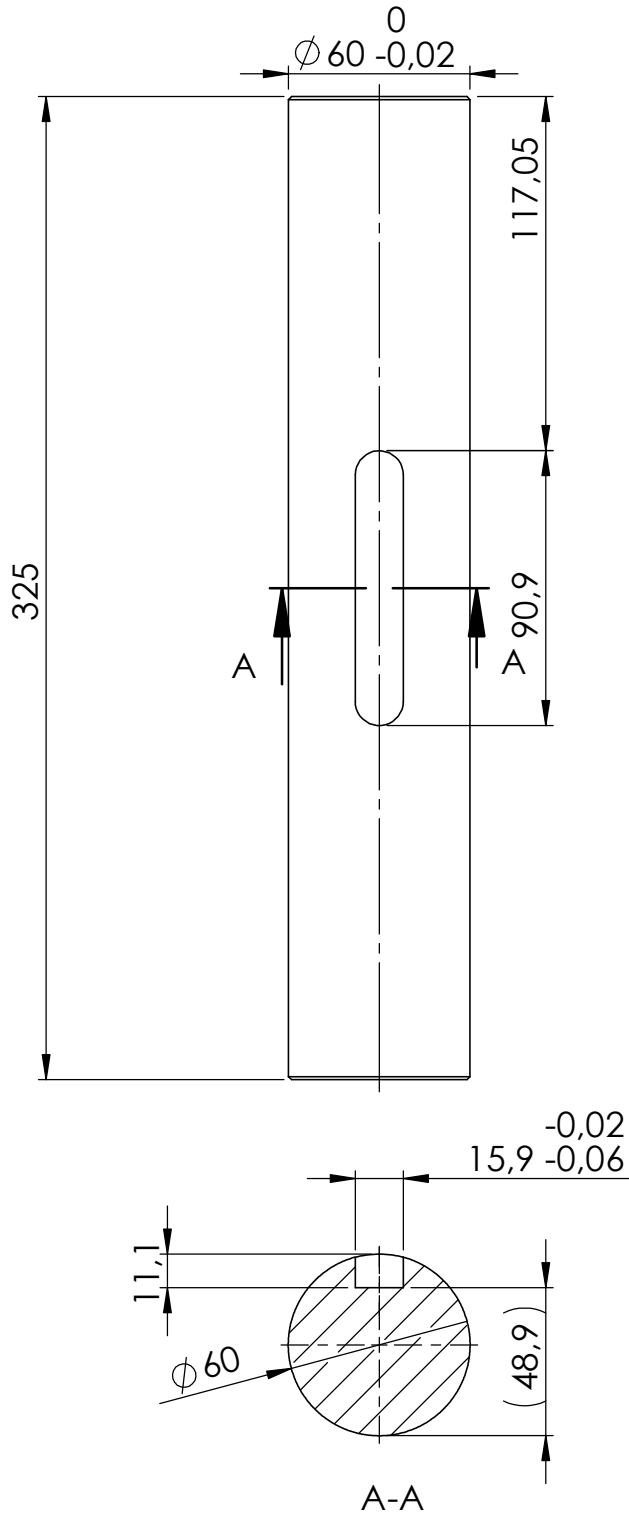


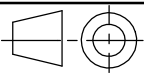
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Brida cuadrada transformación caño - córner	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
2	Brida redonda	Chapa SAE 1010 - 1/4"	1
3	Cono redondo a cuadrado corner	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1

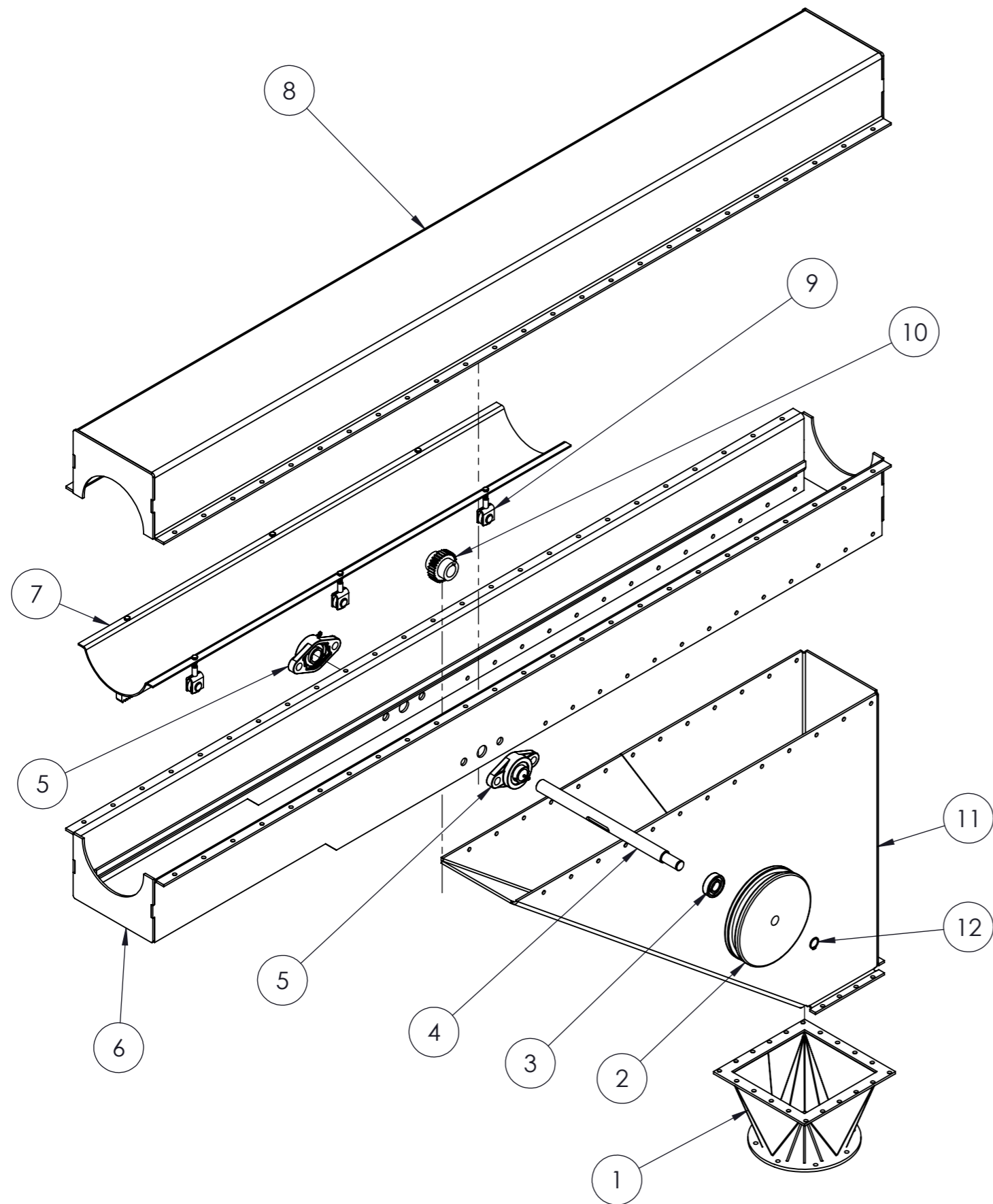
Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF	
	PROYECTO FINAL DE CARRERA			
Material: Chapa SAE 1010	Escala	Titulo	Nº de plano:	Hoja
	1:2		2025-PFC-STG-003	3 de 8
		Transformación caño - córner	Nombre	Fecha
			Dibujó	Alb - Giub
		Formato A3	Revisó	
		Aprobó		



Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF	
	PROYECTO FINAL DE CARRERA		N° de plano:	Hoja
Material:	Escala	Titulo	2025-PFC-STG-003-A	4 de 8
Chapa SAE 1010 3/16"			1:2.5	Nombre
Desarrollo:	Formato	Chapa transformación brida redonda a cuadrada	Dibujó	Fecha
626 x 373 mm			A3	Alb - Giub
			Revisó	
			Aprobó	



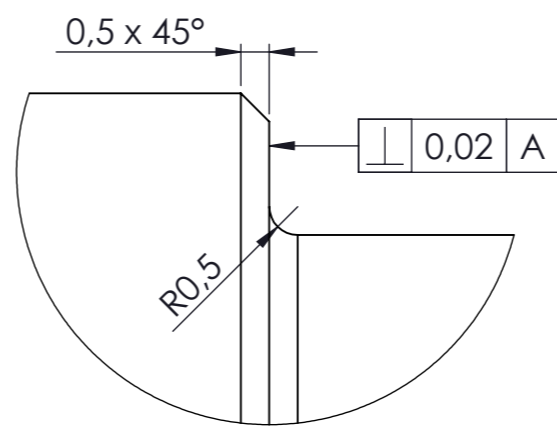
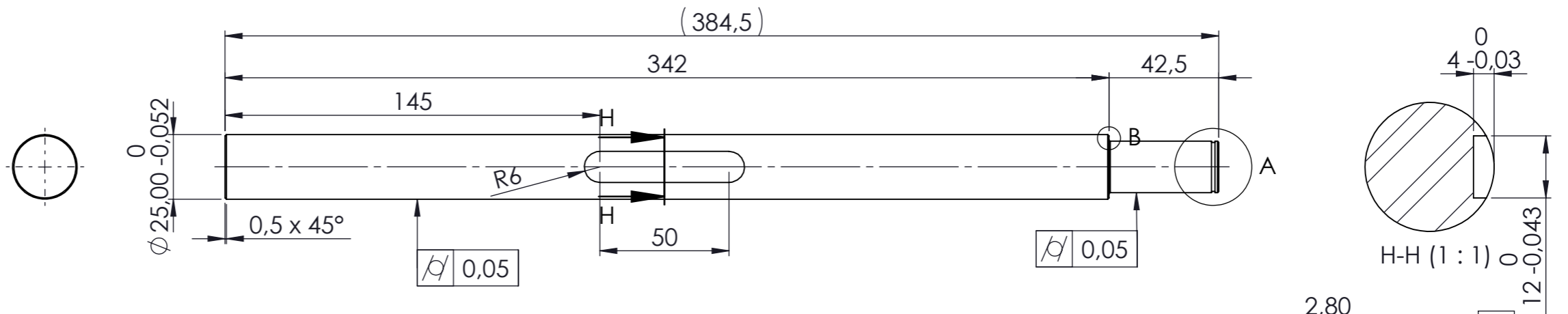
Tolerancias generales IRAM-ISO 2768-m	Fecha	Nombre	Profesores: Ing. Ruben Monti Ing. Sebastián Benzi Ing. Cristian Brunas	Proyecto Final	
	Dibujó	24/10/25		Alb-Giub	UTN - FRSF
	Revisó				
Material: Acero SAE4140	Aprobó				
	Escala	Titulo		Hoja 5 de 8	
	1:2,5	Arbol conducido		Plano: 2025-PFC-STG-004	
				Ingeniería Mecánica	
Formato A4					



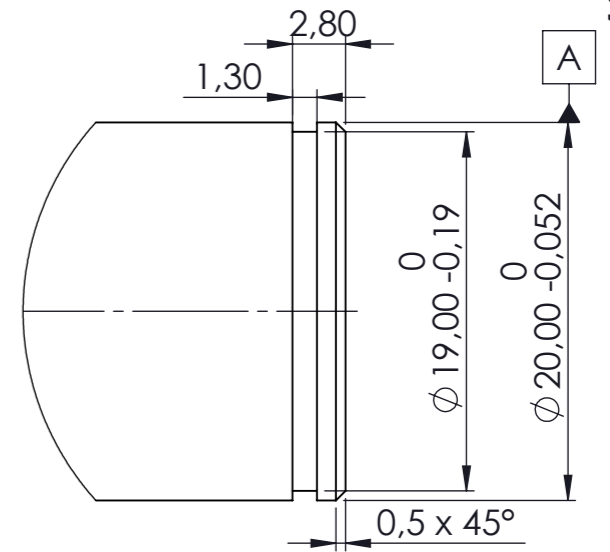
N° DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Transformación caño - córner	Chapa SAE 1010 - 3/16" - 1/4"	1
2	Polea ϕ ext= 200 mm	Nylon	1
3	Rodamiento 6004 2RS	Elemento comercial	1
4	Eje de polea	Acero al carbono SAE 1045 trefilado	1
5	Porta rodamiento UCFL 205	Elemento comercial	2
6	Soporte inferior para riel	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
7	Compuerta	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
8	Tapa superior de compuerta	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
9	Rueda de compuerta	Elementos comerciales	6
10	Rueda dentada ϕ ext=64 mm - Z=30	Elemento comercial	1
11	Tolva superior	Chapa SAE 1010 - 3/16"	1
12	Anillo seeger E20	Elemento comercial	1

Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF		
	PROYECTO FINAL DE CARRERA				
	Escala	Titulo		N° de plano:	Hoja
	1:10	Tolva superior de descarga a silo - Vista explosionada		2025-PFC-STG-005	6 de 8
				Nombre	Fecha
Formato	Dibujó			Alb. - Giub	18/10/25
A3	Revisó				
	Aprobó				

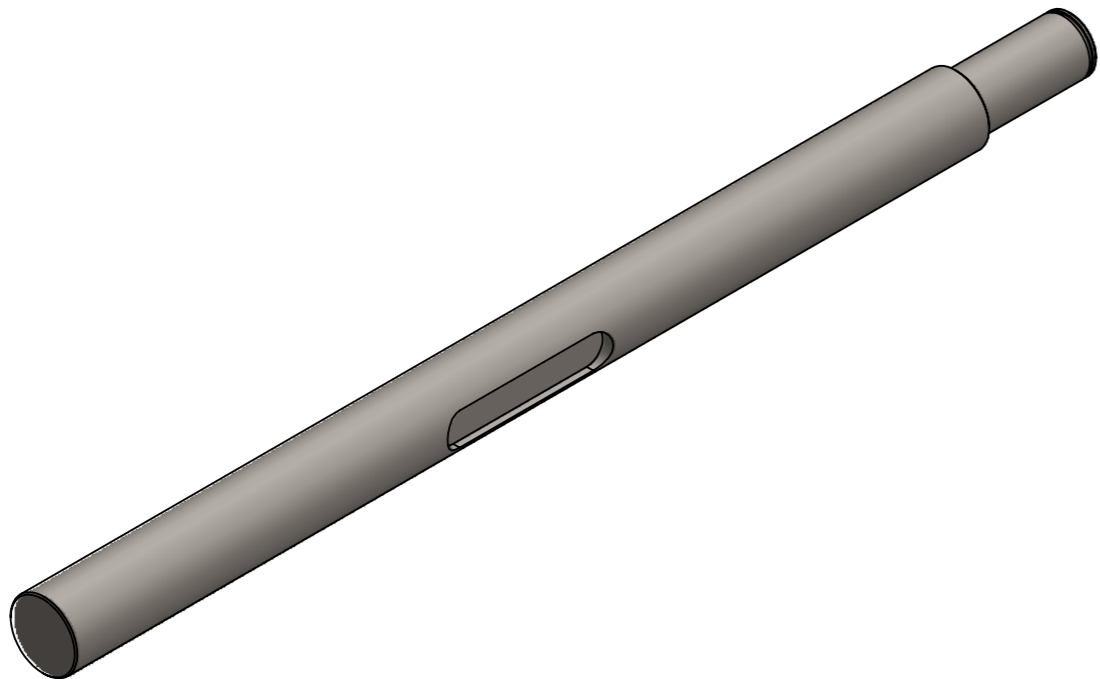
Mecanizado
Ra 1,6



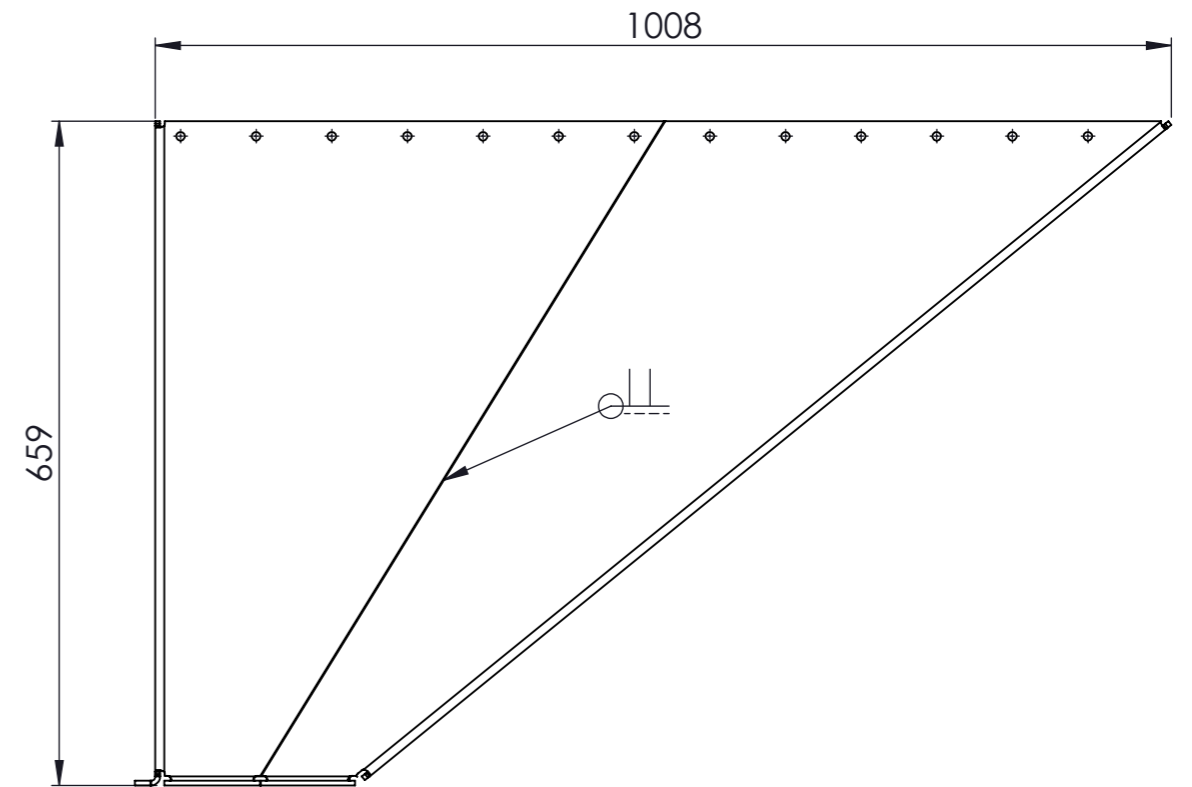
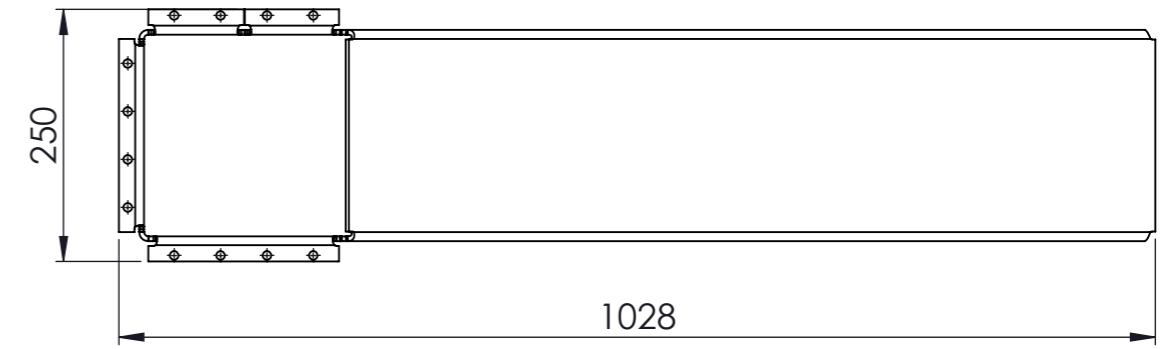
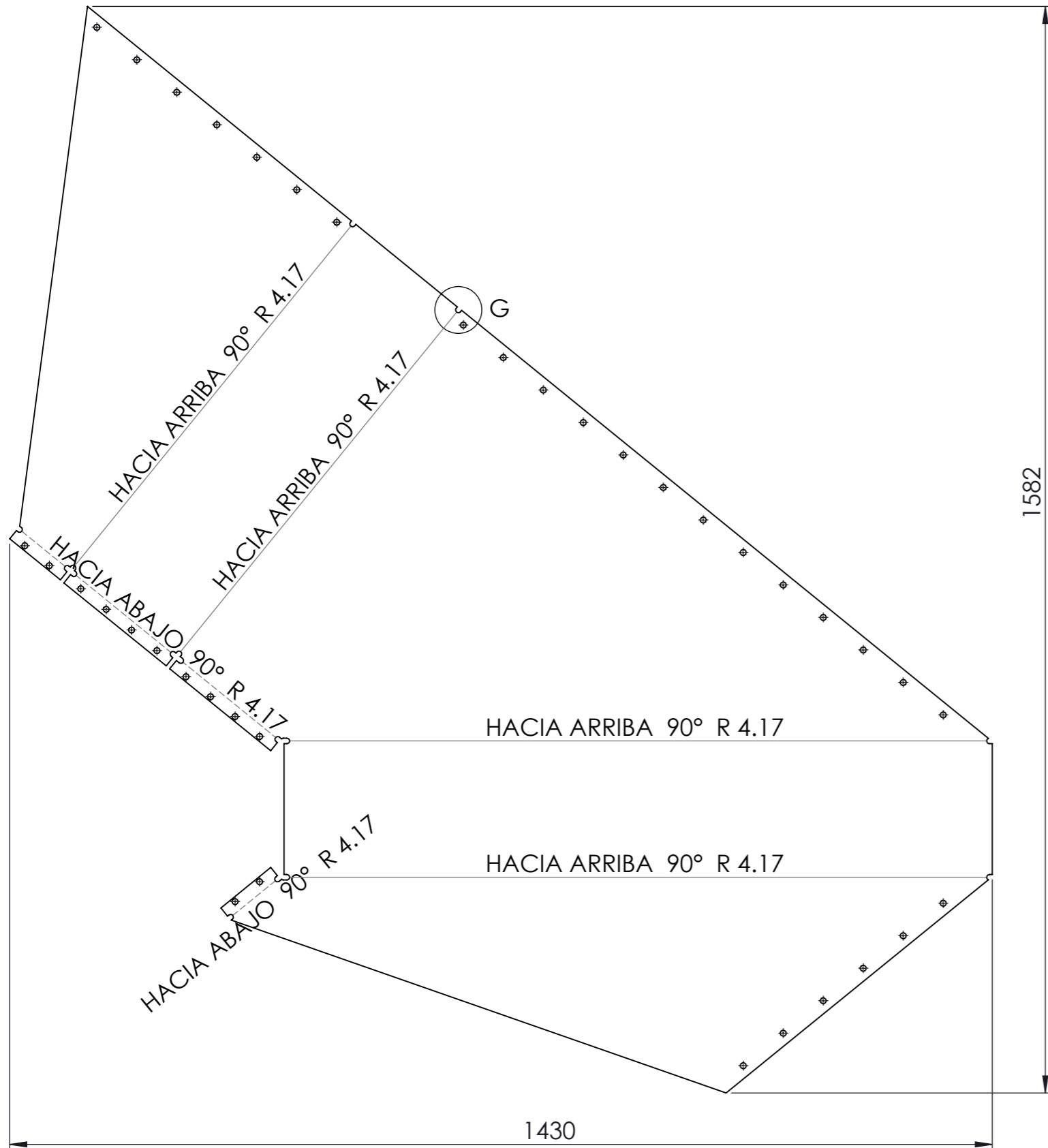
B (7.5 : 1)



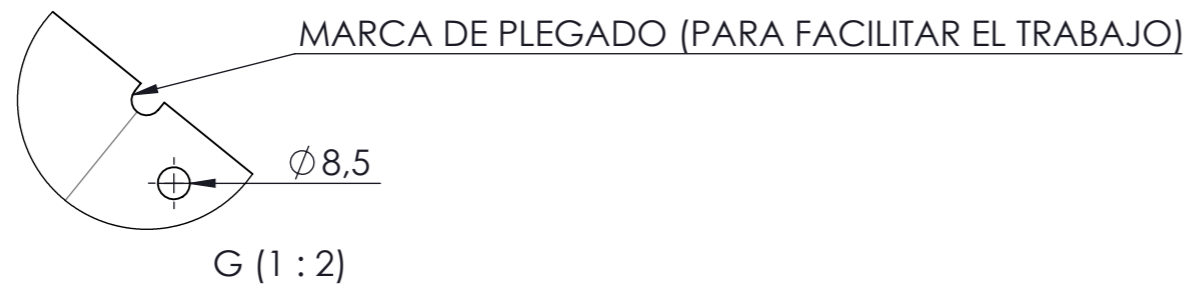
A (2.5 : 1)



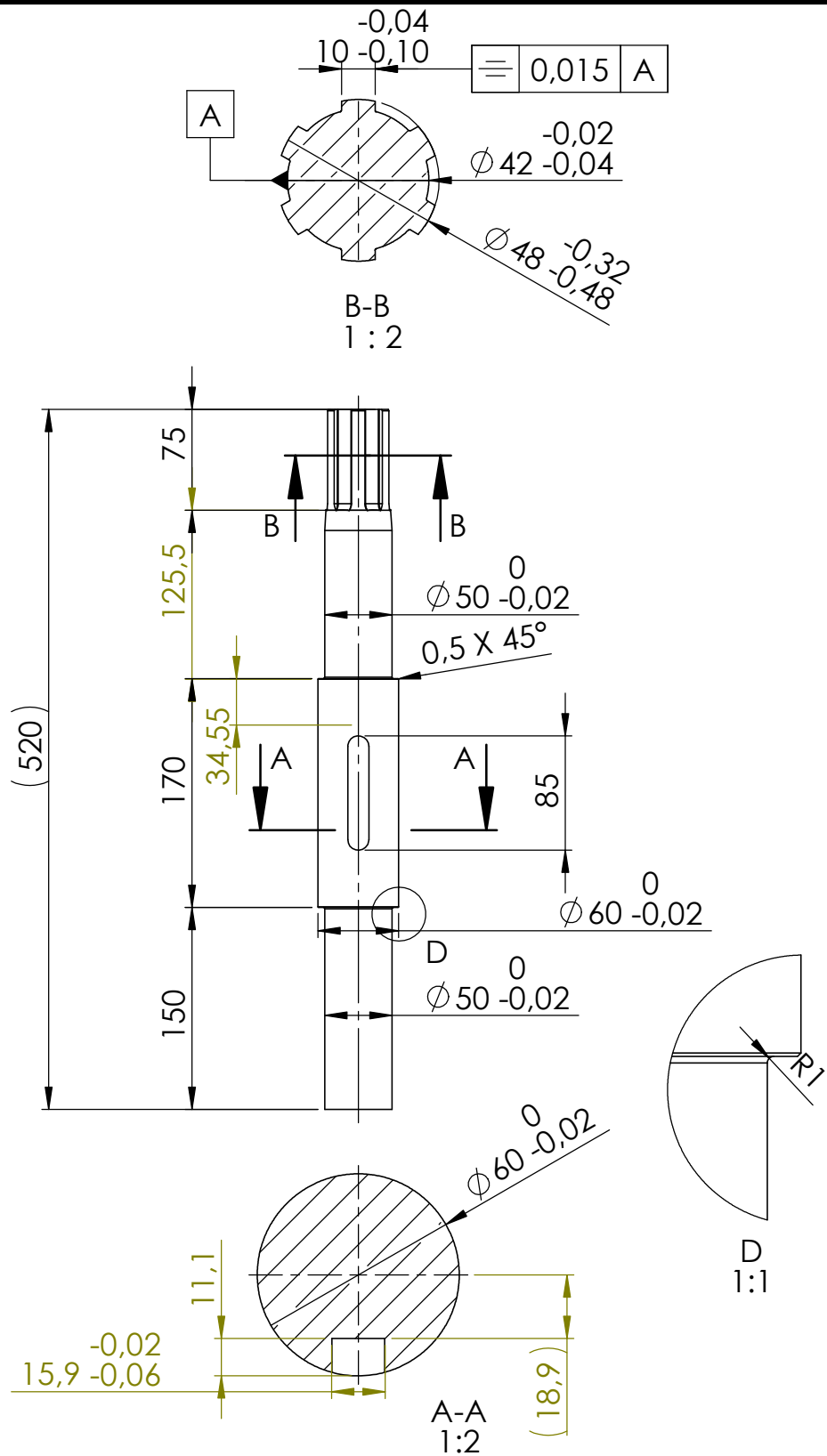
Especificaciones	Cátedra:		UTN - FRSF		
	PROYECTO FINAL DE CARRERA				
Material: Acero SAE 1045 trefilado	Escala	Titulo		N° de plano: 2025-PFC-STG-006	Hoja 7 de 8
Diámetro: Ø 25 mm	1:2			Eje de tolva superior de descarga a silo	Nombre
Largo bruto: 385 mm		Dibujó	Alb. - Giub.		18/10/25
	Formato A3		Revisó		
			Aprobó		

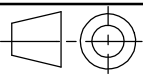


NOTA 1: LAS PERFORACIONES SON DE $\phi 8,5$ mm, PARA BULONES M8



Especificaciones Material: Chapa SAE 1010 3/16"	Cátedra: PROYECTO FINAL DE CARRERA		UTN - FRSF	
	Desarrollo: 1582 x 1430 mm	Escala 1:7.5	Titulo Tolva superior - Chapa	
			N° de plano: 2025-PFC-STG-007	Hoja 8 de 8
			Nombre	Fecha
			Dibujó Alb. - Giub.	18/10/25
			Revisó	
			Aprobó	



Tolerancias generales IRAM-ISO 2768-m	Fecha	Nombre	Profesores: Ing. Ruben Monti Ing. Sebastián Benzi Ing. Cristian Brunas	Proyecto Final	
	Dibujó	24/10/25		Alb-Giu	UTN - FRSF
	Revisó				
Material: Acero 4140	Aprobó				
	Escala	Titulo		Hoja 1 de 1	
	1:5	Eje de entrada		Plano: 2025-PFC-SDT-001	
	Ingeniería Mecánica				
	Formato A4				