

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y
Ciencias de la Producción**

“Diseño y Selección de Equipos para una Planta Trituradora de Vidrio”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Pérez Alvia Nicolás Alexander

Zúñiga Plaza Carlos Alberto

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Bolívar Zúñiga y Martha Plaza por su esfuerzo y el apoyo incondicional brindado durante mi formación personal y académica. Al M.Sc. Federico Camacho por su colaboración y tutela en el desarrollo de este proyecto.

En especial agradezco a Alexa Gamboa, Isabel Cordero, y Gabriela Guillen, por su motivación, confianza, y consejos en los momentos más oportunos de mi vida.

He visto a muchos quedarse en el camino, y me siento agradecido con Dios por permitirme llegar hasta acá. Este es un gran paso en mi vida, pero aún deseo seguir aprendiendo y creciendo. Recordaré a las amistades y experiencias adquiridas durante mi trayectoria, en quien es ahora, mi alma máter.

Carlos Zúñiga Plaza

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme la vida que tengo, a mi mamá Alexandra Alvia y a mi abuela Ramira Zambrano por brindarme el ejemplo de superación frente a cualquier dificultad y llegar a las metas que uno desea.

A mi hermana Sofía Pérez, a mi tía Lida Zambrano y mi amiga Antonella Barco por su apoyo y motivación incondicional en todo lo que se ha presentado en el transcurso de mi carrera Universitaria.

Al M.Sc. Federico Camacho por ser un gran profesor junto con las indicaciones realizadas durante el desarrollo del proyecto.

Finalmente, agradezco a la ESPOL, profesores y compañeros por los conocimientos, recuerdos y ayuda en el crecimiento como mi vida estudiantil.

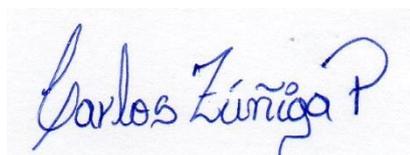
Nicolás Pérez Alvia

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Pérez Alvia Nicolás Alexander y Zúñiga Plaza Carlos Alberto damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Pérez Alvia Nicolás Alexander



Zúñiga Plaza Carlos Alberto

EVALUADORES

PhD. Ángel Ramírez M.

PROFESOR DE LA MATERIA

M.Sc. Federico Camacho B.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En Guayaquil diariamente se deposita aproximadamente 27 toneladas de vidrio en el relleno sanitario, que junto al resto de desechos provoca un aumento en la vida útil del vertedero y un desgaste ambiental. El vidrio desechado puede ser incluido en nuevos procesos de producción o en la fabricación de nuevos envases. Sin embargo, el reciclaje de este material no posee mucha acogida debido a que la comercialización y desarrollo de nuevos enfoques para un modelo circular es escaso. Por tal motivo, se planteó el diseño de una planta semi continua con una capacidad de diseño de 5 T/h que otorgue vidrio triturado (calcín) en dos tonalidades diferentes: blanco y mixto (verde y topacio).

El diseño consistió en definir los siguientes sistemas: alimentación, transporte, limpieza y extracción de impurezas, trituración, clasificación por tamaño, y color. El sistema de alimentación fue desarrollado en base a la normativa regida por el Eurocódigo 1, para el sistema de transporte horizontal se implementó la Norma Americana CEMA, a diferencia del transporte vertical donde se siguieron ciertas indicaciones presentadas en el Catálogo de Martín. Por último, en lo que compete al resto de sistemas se seleccionaron los equipos en bases a las especificaciones requeridas para cada proceso.

Uno de los aspectos importantes fue que se obtuvo un diseño óptimo de la planta, garantizando una caracterización de residuos a la ciudad con una rentabilidad positiva y viable para el proyecto.

Palabras claves: Vidrio reciclado, calcín, transporte horizontal, tolva de alimentación.

ABSTRACT

In Guayaquil, approximately 27 tons of glass are deposited daily in the landfill, which, together with other waste, increases the useful life of the landfill and causes environmental wear and tear. Discarded glass can be included in new production processes or in the manufacture of new containers. However, the recycling of this material is not widely accepted because the commercialization and development of new approaches for a circular model is scarce. For this reason, the design of a semi-continuous plant with a design capacity of 5 T/h was proposed to provide crushed glass (cullet) in two different shades: white and mixed (green and topaz).

The design consisted of defining the following systems: feeding, conveying, cleaning and extraction of impurities, crushing, size classification, and color. The feeding system was developed based on the regulations governed by Eurocode 1; for the horizontal conveying system, the American Standard CEMA was implemented, as opposed to the vertical conveying system, where certain indications presented in the Martin Catalog were followed. Finally, for the rest of the systems, the equipment was selected based on the specifications required for each process.

One of the important aspects was that an optimal design of the plant was obtained, guaranteeing a waste characterization to the city with a positive and viable profitability for the project.

Keywords: Recycled glass, calciner, horizontal conveying, feed hopper.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 El vidrio: Antecedes, Propiedades y Características	4
1.4.2 Reciclaje del vidrio en el Ecuador	6
1.4.3 Fabricación de nuevos productos a partir de vidrio reciclado	7
CAPÍTULO 2	10
2. Metodología	10
2.1 Dimensionamiento y localización de la planta	11
2.1.1 Capacidad de producción	11
2.1.2 Descripción de los procesos de producción	12
2.1.3 Diagrama de flujo del proceso de producción	14
2.1.4 Localización de la planta.....	15
2.2 Selección de las alternativas	17

2.2.1	Factores de influencia a considerar para el diseño de la planta	17
2.2.2	Propuestas para el sistema de transporte horizontal	18
2.2.3	Propuestas para el sistema de limpieza y extracción de impurezas	20
2.2.4	Propuestas para el sistema de trituración	22
2.3	Diseño y selección de equipos	24
2.3.1	Sistema de alimentación	24
2.3.2	Sistema de transporte	27
2.3.3	Sistema de limpieza y extracción de impurezas	29
2.3.4	Sistema de clasificación por tamaño	29
2.3.5	Sistema de trituración	29
2.3.6	Sistema de clasificación por color	29
2.4	Comercialización	30
2.4.1	Mercado objetivo	30
CAPÍTULO 3		31
3.	Resultados y Análisis	31
3.1	Diseño de equipos	31
3.1.1	Banda transportadora	31
3.1.2	Tolva de alimentación	34
3.1.3	Elevador de cangilones	38
3.2	Selección de equipos	40
3.2.1	Válvula pin gate	40
3.2.2	Banda transportadora magnética	40
3.2.3	Criba vibratoria	40
3.2.4	Molino de martillos	40
3.2.5	Máquina selectora óptica	40
3.3	Diseño detallado de la planta	41
3.4	Diseño conceptual de la planta	42

3.5	Análisis de factibilidad financiera.....	43
3.5.1	Costos e ingresos.....	43
3.5.2	Inversión Inicial.....	44
3.5.3	Viabilidad del proyecto.....	44
CAPÍTULO 4.....		46
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	48
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ANFEVI	Asociación Nacional de Fabricantes de Envases de Vidrio
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización
CRIDESA	Cristalería del Ecuador SA
EMAC EP	Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca
EMASEO EP	Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito
EMGIRS	Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos
FNE	Flujo Neto de Efectivo
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólido
INE	Instituto Nacional de Estadística de España
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNGIDS	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos
SCC	Sílice, Carbonato de sodio y Caliza
SERCOP	Servicio Nacional de Contratación Pública
TIR	Tasa Interna de Retorno
TMAR	Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento
UNE - ENV	Norma Española Experimental
VPN	Valor Presente Neto
VS	Valor de Salvamento

SIMBOLOGÍA

Variables con letras mayúsculas

A	Área transversal de la tolva
Ancho _{pala}	Ancho de la pala del cargador
A _{ent.}	Área de entrada de la tolva
A _i	Tensión para superar la fricción e inercia en el rodillo
A _{sal.}	Área de salida de la tolva
A _{trabajo}	Área de trabajo de la válvula
B	Distancia entre rodamientos del eje motriz
C ₃	Factor de recubrimiento de la cara del tambor motriz
C	Ancho de cara del tambor motriz y de cola
C _b	Factor de aumento a la carga
C _f	Confiabilidad para la selección del eje motriz
Capacidad _{cangilón}	Capacidad del cangilón
Capacidad _{hora}	Capacidad de producción por hora
CFH	Capacidad volumétrica del elevador
D ₃	Constante según el material escogido para la tolva
Distancia _{centros}	Distancia entre centros del elevador
D _t	Diámetro del tambor motriz
Elevación _{Total}	Elevación total del elevador
F	Valor de cota del elevador
F _{correc.}	Factor de corrección para la selección banda
F _{Pin-Gate}	Fuerza ejercida sobre la válvula
F _s	Factor de servicio para la selección banda
G	Valor de cota del elevador
H	Valor de cota de los equipos: elevador y banda
Horas _{alimentación}	Horas de alimentación a la planta
Hora _{producción}	Horas de alimentación real a la planta
K	Valor característico de la relación de presión lateral
K _m	Valor medio de la relación de presión lateral
K _t	Factor de temperatura para la banda transportadora
K _x	Factor de la fuerza de fricción/rodillos y resistencia entre faja/rodillo

K_y	Factor de resistencia de la faja y de la carga en flexión
L_{10}	Vida de referencia requerida para los rodamientos
L	Largo de la banda transportadora desde el centro de los tambores
Largo _{pala}	Largo de la pala del cargador
$L_{1-ent.}, L_{2-ent.}$	Longitud para determinar el área de entrada de la tolva
$L_{1-sal.}, L_{2-sal.}$	Longitud para determinar el área de salida de la tolva
L_{banda}	Longitud de la banda para el elevador
N° cangilones	Cantidad de cangilones requeridos para el elevador
N° mordazas	Cantidad de mordazas requeridas para sujetar la banda
N° perforaciones	Cantidad de perforaciones requeridas en la banda
N_{polea}	Revoluciones de la polea del elevador
$N_{polea-inducida}$	Revoluciones de la polea inducida del elevador
$N_{polea-motriz}$	Revoluciones de la polea motriz del elevador
N° tornillos	Número de tornillos para sujetar los cangilones a la banda
$P_{diseño - acople}$	Potencia de diseño para la selección del acople
$P_{corregida}$	Potencia corregida para la selección de banda
$P_{diseño}$	Potencia de diseño para la selección de banda
P_{motor}	Potencia del motor para la transmisión del elevador
P_{salida}	Presión ejercida por el material
$P_{sistema}$	Potencia del sistema de transmisión del elevador
Paso _{cangilón}	Paso de posicionamiento del cangilón
Q_n	Capacidad de diseño de la banda
R	Valor de cota del elevador
T_1	Fuerza en el lado más tenso
T_2	Fuerza en el lado más flojo
T/día	Toneladas al día
T/mes	Toneladas al mes
T/h	Toneladas por cada hora
S_i	Espaciamiento de los rodillos de carga
S_o	Espaciamiento de los rodillos de retorno
S_{ut}	Esfuerzo último del material
V_{banda}	Velocidad de la banda en el elevador

V_{cono}	Volumen del pilo formado fuera de la tolva
$V_{\text{diseño}}$	Velocidad de diseño de la banda
$V_{\text{tolva-hora}}$	Volumen de la tolva para una hora de producción
$V_{\text{tolva-teórico}}$	Volumen teórico total de la tolva
$W_{\text{accesorios 1}}$	Peso de los accesorios requeridos para el elevador
$W_{\text{accesorios 2}}$	Peso de las mordazas requeridas para el elevador
$W_{\text{arandela-plana}}$	Peso de la arandela plana de sujeción
$W_{\text{arandela-presión}}$	Peso de la arandela de presión de sujeción
W_{banda}	Peso de la banda
$W_{\text{cangilones}}$	Peso del cangilón
W_{material}	Peso del material a transportar
W_{tambor}	Peso del tambor motriz y de cola
W_{tolva}	Peso total de la tolva cargado con el material
$W_{\text{tornillos}}$	Peso de los tornillos de sujeción
W_{tuercas}	Peso de las tuercas de sujeción

Variables con letras minúsculas

a_k	Coeficiente de modificación de la relación de presión lateral
b	Ancho de la banda transportadora
d_A	Diámetro en el punto A
d_B	Diámetro en el punto B
g	Gravedad
h	Altura del cuerpo de la tolva
h_o	Punto más bajo de la superficie
h_{cono}	Altura del pilo formado fuera de la tolva
h_{llenado}	Altura de llenado dentro del cuerpo de la tolva
i	Relación de velocidad
l_h	Distancia inclinada desde el vértice de la tolva
$m_{\text{tolva-estructura}}$	Masa total del cuerpo de la tolva
n	Exponente en relación con la presión de la tolva
n_m	Eficiencia del motor
n_t	Eficiencia de la transmisión

x'	Tolerancia por dar en el largo de la pala del cargador
z_o	Profundidad característica de Janssen
z_v	Medida de profundidad para la evaluación de la presión vertical
p_{n1}, p_{n2}, p_{n3}	Componentes de presión normal
p_n	Presión normal a la pared de la tolva
p_{vft}	Presión vertical del sólido almacenado después del llenado

Variables especiales

$\rho_{\text{vidrio desechado}}$	Densidad del vidrio desechado
$\emptyset_{\text{reposo}}$	Ángulo de reposo del material
α_c	Ángulo de transmisión del tambor
α_{reposo}	Ángulo de reposo del material
$\alpha_{\text{sobrecarga}}$	Ángulo de sobrecarga del material
μ	Valor característico del coeficiente de fricción
μ_k	Constante de fricción según el material escogido para la tolva
γ	Valor característico superior del peso unitario a granel del material
β	Ángulo de inclinación en la pared de la tolva
$\eta_{F.S}$	Factor de seguridad
η_{motor}	Eficiencia del motor
η_{polea}	Eficiencia de la polea
η_{reductor}	Eficiencia del reductor

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Metodología para el proceso de diseño	10
Figura 2.2 Diagrama de flujo del proceso de producción	14
Figura 2.3 Ubicación de la planta de producción	16
Figura 2.4 Partes de una banda transportadora	18
Figura 2.5 Esquema de un transportador neumático	19
Figura 2.6 Vista lateral y frontal de un transportador helicoidal	19
Figura 2.7 Esquema de una banda transportadora magnética	20
Figura 2.8 Esquema del ducto de aspiración.....	21
Figura 2.9 Esquema de la extracción manual.....	21
Figura 2.10 Esquema de un molino de bolas	22
Figura 2.11 Esquema de un molino de martillos	23
Figura 2.12 Partes de un triturador de mandíbula	23
Figura 2.13 Presiones en las paredes de la tolva cuando está llena	26
Figura 2.14 Proceso de diseño para la banda transportadora	27
Figura 2.15 Proceso de diseño para el elevador de cangilones.....	28
Figura 2.16 Esquema del elevador de cangilones	28
Figura 3.1 Banda Transportadora BT01: Vista isométrica	33
Figura 3.2 Banda Transportadora BT02: Vista isométrica	33
Figura 3.3 Banda Transportadora BT03: Vista isométrica	33
Figura 3.4 Tolva TA01: Vista isométrica	35
Figura 3.5 Tolva TA01: Cuerpo - Distribución de los esfuerzos	35
Figura 3.6 Tolva TA01: Cuerpo - Deformación total	36
Figura 3.7 Tolva TA01: Estructura - Distribución de los esfuerzos.....	36
Figura 3.8 Tolva TA01: Estructura - Deformación total	36
Figura 3.9 Tolva TA02: Vista isométrica	37
Figura 3.10 Tolva TA02: Cuerpo - Distribución de los esfuerzos	37
Figura 3.11 Tolva TA02: Cuerpo - Deformación total	37
Figura 3.12 Tolva TA02: Estructura - Distribución de los esfuerzos.....	38
Figura 3.13 Tolva TA02: Estructura - Deformación total	38
Figura 3.14 Elevador EC01: Vista isométrica	38
Figura 3.15 Diseño detallado de la planta de producción	41
Figura 3.16 Diseño conceptual de la planta de producción	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de vidrios: Comparación de las propiedades y aplicaciones	5
Tabla 1.2 Rango de las propiedades típicas del vidrio.....	5
Tabla 1.3 Aplicación de productos que involucran vidrio reciclado	9
Tabla 2.1 Toneladas de desechos con material no aprovechado	11
Tabla 2.2 Matriz de decisión: Selección del sistema de transporte horizontal	20
Tabla 2.3 Matriz de decisión: Selección del sistema de limpieza y extracción	22
Tabla 2.4 Matriz de decisión: Selección del sistema de trituración	24
Tabla 3.1 Bandas Transportadoras: Especificaciones de diseño.....	31
Tabla 3.2 Bandas Transportadoras: Consideraciones de diseño.....	32
Tabla 3.3 Bandas Transportadoras: Resultados de la selección de equipos	32
Tabla 3.4 Tolva TA01 y TA02: Características	34
Tabla 3.5 Tolva TA01 y TA02: Resultados del cuerpo	34
Tabla 3.6 Tolva TA01 y TA02: Resultados de la estructura	35
Tabla 3.7 Elevador EC01: Resultados generales	39
Tabla 3.8 Análisis: Características laborales y producción	43
Tabla 3.9 Análisis: Viabilidad del proyecto - Flujo de caja	45

ÍNDICE DE PLANOS

Plano. 1 Planta de producción - Diagrama de flujo.....	132
Plano. 2 Planta de producción - Layout.....	133
Plano. 3 Planta de producción - Diseño Conceptual.....	134
Plano. 4 Banda Transportadora BT01 - Elementos.....	135
Plano. 5 Banda Transportadora BT01 - Estructura.....	136
Plano. 6 Banda Transportadora BT02 - Elementos.....	137
Plano. 7 Banda Transportadora BT02 - Estructura.....	138
Plano. 8 Banda Transportadora BT03 - Elementos.....	139
Plano. 9 Banda Transportadora BT03 - Estructura.....	140
Plano. 10 Tolva de Alimentación TA01.....	141
Plano. 11 Tolva de Alimentación TA01 - Cuerpo.....	142
Plano. 12 Tolva de Alimentación TA01 - Estructura.....	143
Plano. 13 Tolva de Alimentación TA02.....	144
Plano. 14 Tolva de Alimentación TA01 - Cuerpo.....	145
Plano. 15 Tolva de Alimentación TA02 - Estructura.....	146
Plano. 16 Elevador de Cangilones EC01 - Estructura.....	147
Plano. 17 Elevador de Cangilones EC01 - Sistema de transmisión.....	148
Plano. 18 Estructura de la Banda Magnética.....	149
Plano. 19 Estructura de la Criba Vibratoria.....	150
Plano. 20 Estructura del Molino de Martillos.....	151
Plano. 21 Estructura del Molino de Martillos.....	152

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión de desechos tiene un impacto ambiental en el planeta, ya que todo lo que se consume tiene un proceso lineal, es decir, “se lo utiliza una vez y se lo tira”; ocasionando que los recursos naturales sean explotados considerablemente, tanto en la vida cotidiana como en la industrial. Según datos del banco mundial, en su informe de “What a Waste 2.0” en el año 2018, América Latina y el Caribe tiene una generación anual de desechos a nivel regional aproximadamente de 2.3 mil millones de toneladas.

Conforme a datos del INE, Europa Press en el año 2017, España tuvo 132.1 millones de toneladas de residuos y el 53.9% se situó en vertederos, por lo que, existen empresas que tienen como misión aminorar esa cantidad. Ecovidrio es una empresa que concientiza la separación de envases para reutilizarlo y su resultado es que “Más de 7 de cada 10 envases de vidrio que se ponen en el mercado se reciclan”.

En los últimos seis años, Ecuador ha promovido el reciclaje a gran escala debido a la generación masiva de residuos sólidos, por tal motivo, las industrias y los gobiernos de cada provincia adoptaron medidas para promover la conservación y protección del medio ambiente. No obstante, la mayoría de los desechos son depositados en rellenos sanitarios, celdas emergentes o botaderos a cielo abierto. Frente a este suceso, se trata de reciclar y disminuir la proporción de estos materiales, tal como es el caso del vidrio. Según el MAE en junio del 2015, en el mercado ecuatoriano existió 105,504 toneladas de botellas y envases de vidrio de las cuales apenas se recicló el 19%.

El vidrio es un material inorgánico que puede ser reutilizado en diferentes maneras, ya sea en la implementación de nuevos procesos o en la manufactura de nuevas botellas de vidrio, sin embargo, el reciclaje de este material en la ciudad de Guayaquil no posee mucha acogida debido a que la comercialización y la tecnología para colocarlo en la línea de producción es poca.

Por este acontecimiento se deben desarrollar novedosas opciones con el propósito de conseguir un modelo circular y en virtud de ello, la propuesta del presente proyecto es triturar el vidrio reciclado y transformarlo en materia prima para otros procesos de manufactura.

1.1 Descripción del problema

El estado ecuatoriano de acuerdo con el COOTAD, Art. 55, ítem d) delegó a los Gobiernos Autónomos Descentralizados el manejo de desechos sólidos. Sin embargo, las tecnologías implementadas no alcanzan a caracterizar todos los residuos que producen los habitantes.

Según el PNGIDS conjunto con el MAE, en el año 2019 existió una cobertura del 58% de la población que se beneficiaba del servicio de aseo y recolección de residuos. Además, se estimó que el territorio ecuatoriano generó “una cantidad de 5.2 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 61.41% fue residuos orgánicos, 11.04% vidrio, 9.43% papel y cartón, 2.55% chatarra, 2.55% plástico y el resto material no recuperable”.

Ante este hecho, Guayaquil es una de las ciudades que más residuos orgánicos produce, conjunto con Quito, Manta y Cuenca, dando un aporte del 48% de desechos al Ecuador (IRR, 2015).

Por otra parte, la mayoría de estos materiales no son clasificados del todo provocando que estos desechos sean depositados en un relleno sanitario. Según URVASEO, consorcio encargado del servicio de recolección, barrido y transporte de desechos sólidos no peligrosos en Guayaquil se genera un promedio de 3900 T/día y existe un 32% de este material para ser reciclado, con un 3% correspondiente al vidrio.

1.2 Justificación del problema

El plástico y el vidrio son los principales contaminantes y los de mayor consumo por la población. De acuerdo con las iniciativas de reciclaje alrededor del mundo se tiene que el plástico es uno de los principales y fundamentales contaminantes en el medio ambiente en comparación al vidrio, debido a su producción y utilización masiva. Sin embargo, el material inorgánico provoca una mayor demanda de energía y recursos naturales suscitando una afectación crucial al ecosistema, de manera que el propósito del presente proyecto es reducir la cantidad de residuos de vidrio en la ciudad de Guayaquil e ingresarlo a la cadena de producción en un modelo circular como materia prima, planteando el diseño de una planta semi continua que otorgue casco de vidrio para nuevos procesos o para la manufactura de nuevas botellas de vidrio. De esta manera, se garantiza una generación de empleo y reducción en la cantidad de los desechos sólidos que ingresan en el relleno sanitario, consiguiendo comunidades y sociedades sostenibles a través del desarrollo de una planta que contribuiría con la reducción de la huella de carbono de la ciudad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una planta semi - continua trituradora de vidrio aprovechando los desechos de este material para su manejo como materia prima en otros procesos de manufactura.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar de manera conceptual la planta de producción.
- Diseñar equipos mecánicos como bandas transportadoras, tolvas, elevador de cangilones, entre otros.
- Seleccionar los equipos mecánicos que formaran parte del proceso.
- Desarrollar un modelo 2D de la planta pudiendo visualizar la distribución de los equipos en la línea de producción.
- Simular los equipos que posterior a su diseño requieran un análisis de elementos finitos.

1.4 Marco teórico

1.4.1 El vidrio: Antecedes, Propiedades y Características

Hace 2000 años AC, el vidrio fue descubierto en fragmentos de cerámica con una cobertura vítrea, otorgándole una antigüedad significativa dentro de los materiales creados por el hombre, pudiéndose encontrar en diferentes formas, tanto artificial como natural. Según Maximiliano Rocca, en la revista de Meteoritos publicada el 16 de junio del 2020, el vidrio en estado natural es un material volcánico conocido como tectitas de color verde, gris o negro. Sin embargo, el vidrio también es un material inorgánico que se origina por la mezcla de SCC, que sometido a un horno de elevadas temperaturas permite generar su estado vítreo para la fabricación de una amplia variedad de productos con diferentes aplicaciones.

El vidrio se puede apreciar de diferentes formas dependiendo de la aplicación requerida en el mercado, Tabla 1.1. El vidrio de sosa y cal es el material más común y comercial debido a sus buenas propiedades, las cuales son apropiadas para la vida cotidiana y para la rentabilidad de una empresa. Por otra parte, la elaboración del vidrio de sílice fundido confiere un proceso más complejo, pero con mayor eficiencia, ya que sus características permiten elaborar productos que soportan elevados cambios de temperatura (Kalpakjian & Schmid, 2008).

Para alcanzar las propiedades adecuadas de los diferentes tipos de vidrio, se agrega otros compuestos a la base de SCC, se varía el porcentaje de composición o se introduce en un proceso de manufactura adicional. Por ejemplo, el de sosa y cal principalmente está compuesto de 70% - 75% Óxido de Silicio, 12% - 16% Óxido de sodio, 10% - 15% de Óxido de calcio y 5% - 8% de otros compuestos. Sin embargo, en el de plomo alcalino, su composición cambia debido a que se reemplaza el óxido de calcio por óxido de plomo (Hasanuzzaman, Rafferty, Sajjia, & Olabi, 2016). De manera general, la Tabla 1.2 presenta algunas propiedades mecánicas del vidrio según (Ashby, 2013).

Tabla 1.1 Tipos de vidrios: Comparación de las propiedades y aplicaciones [Fuente: Elaboración Propia]

Tipos de vidrios	Propiedades	Aplicaciones
Vidrio de sosa y cal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta densidad de trabajo. ▪ Muy bajo costo de adquisición. ▪ Baja resistencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Envases de bebidas y de alimentos. ▪ Vasos y Vidrios planos.
Vidrio de borosilicato	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad media de trabajo. ▪ Costo medio de adquisición ▪ Moderada resistencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utensilios de cocina. ▪ Materiales de laboratorio.
Vidrio de plomo alcalino	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad muy alta de trabajo. ▪ Bajo costo de adquisición. ▪ Baja resistencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiales decorativos. ▪ Materiales de protección contra la radiación.
Vidrio de sílice fundida	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad muy baja de trabajo ▪ Muy alto costo de adquisición. ▪ Muy buena resistencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materia prima para transporte o transmisión de rayos ultravioletas. ▪ Materiales de laboratorio.

Tabla 1.2 Rango de las propiedades típicas del vidrio [Fuente: Elaboración Propia]

Propiedades Mecánicas		
Módulo de Young [GPa]		68 - 72
Densidad [g/m ³]		2440 - 2490
Esfuerzo de fluencia [MPa]		30 - 35
Resistencia a la fatiga en 10 ⁷ ciclos [MPa]		29.4 – 32.5
Forma de las partículas [mm]	Fina	0.15 - 5
	Intermedia	5 - 10
	Gruesa	10 - 50

Por otro lado, existen varias características que definen al vidrio, pero la que más se distingue es la clasificación por color. Al nivel industrial, los productores de botellas de vidrio los clasifican en vidrio blanco, verde y topacio.

1.4.2 Reciclaje del vidrio en el Ecuador

El reciclaje permite utilizar materiales desechados para colocarlo nuevamente en un proceso de producción o en la implementación de nuevas aplicaciones. Según (Macarthur, 2016) el reciclaje es una de las líneas para alcanzar un modelo circular, es decir, posee un enfoque de conservar los productos y materiales en constante movimiento para no depositarlos en rellenos sanitarios, vertederos, celdas emergentes o botaderos a cielo abierto. En esta misma línea, la ONU creó los objetivos de desarrollo sostenible para enfrentar los cambios ambientales. Gracias a esto, el Ecuador creó el PNGIDS – MAE para que los gobiernos de cada provincia puedan establecer la GIRS.

Loja es una de las ciudades más representativas por su política de reciclaje desde hace más de 10 años, colocándola como pionera en el Ecuador en la gestión de residuos sólidos, posee una planta para la GIRS recogiendo 160 T/día en el cantón (Granda, 2020) y aprovechando 80 toneladas de material reciclable desde el año 2018 (Telegrafo, 2018).

Cuenca tiene por obligación el manejo de los desechos sólidos por lo que según el EMAC EP a nivel domiciliario en el 2019 generó un promedio de 8050 T/mes de las cuales el 33% era potencialmente material reciclable, pero de este total idealmente se recolectaba 425 T/mes por gestores externos, de las cuales el vidrio representó el 10.6%. (Cajamarca, Bueno, & Jimbo, 2019).

Quito posee un programa de recolección diferenciado y promovido por la EMASEO EP, provocando en la ciudadanía una toma de conciencia mediante prácticas ambientales. Este programa busca un bienestar en la

ciudad, pero no alcanza a cubrir con las toneladas producidas por los habitantes, ya que según el EMGIRS cada habitante producía 1.1 kg/día per cápita, y en base a las proyecciones del INEC de los habitantes en el 2018 se estima que se generó una cantidad promedio de 88,770 T/mes de desechos sólidos, recuperando 698.06 toneladas en los primeros trimestres del 2018, con un 2% de vidrio (Lara Novilo & Lescano, 2020).

Tal como se mencionó anteriormente, Guayaquil no cuenta con una caracterización propia, sino que posee gestores externos e informales que permiten la separación de desechos no orgánicos reciclables.

1.4.3 Fabricación de nuevos productos a partir de vidrio reciclado

En muchos de los casos, las industrias tratan de innovar sus productos o diseños con temas relacionados a la sostenibilidad, ocasionando que las ventas se vuelvan más atractivas al público y tengan un menor impacto ambiental. De esta manera, se necesitan ciertos estudios para implementarlo y crear una necesidad de aplicación. Como el vidrio tiene una capacidad de explotación del 100%, puesto que sus propiedades mecánicas no varían cuando es remanufacturado, existen diversas aplicaciones.

En el presente proyecto se investigaron ciertos estudios innovadores que potencializan un modelo circular. Uno de ellos es utilizar el casco de vidrio como materia prima para la fabricación de nuevas botellas. Este proceso consiste en disminuir la mezcla de SCC con la aplicación de vidrio triturado (calcín), logrando que la temperatura de fusión de los elementos no sea tan elevada. Comúnmente el calcín funciona como reemplazo de la sílice, ya que el vidrio es fabricado mayoritariamente con este componente, haciendo factible la implementación del casco de vidrio.

No obstante, existe una limitación, y es el color. Esto ocurre porque las fábricas que producen las botellas colocan el calcín de acuerdo con la característica del producto que están realizando, es decir, el color blanco

se lo implementa solamente en la fabricación de envases con esta tonalidad, pero los otros dos colores restantes (verde y topacio), se lo pueden aplicar en la elaboración de ambas.

Las cantidades de vidrio con color verde son más abundantes en comparación a las otras tonalidades. De acuerdo con Ecovidrio y Vidrala, en el año 2008 se estimó de manera teórica que en su mercado de reciclaje existía 50% de botellas con color verde, 30% de color blanco, y 20% de color topacio. Por otra parte, para fabricar botellas de color topacio se requiere entre el 30% y 35% del surtido mixto (calcín de color verde y topacio), a diferencia de las botellas de color verde donde se requiere entre el 80% y 85% (Álvarez, 2010).

Según ANFEVI, en su apartado de reciclado, menciona que “por cada tonelada de vidrio reciclado, se genera un ahorro de 1.200 kilos de materias primas”. Asimismo, (Ecovidrio, 2019) indica que “por cada 3 botellas de vidrio se puede ahorrar energía para 12 lavadas de ropas para una persona y cargar un smartphone por casi 1 año”.

Por otra parte, existe un estudio para implementar el vidrio triturado para mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas. En este caso, el casco de vidrio alcanza a medir una granulometría de 1.2 mm, no obstante, el casco debe estar correctamente limpio de impurezas para producir sulfatos y formar las mezclas asfálticas. En este proceso entre mayor sea la cantidad de porcentaje de vidrio ingresado a la mezcla, el producto final tendrá mejor resistencia y deformación frente a esfuerzos de flexión (Freire, 2018).

Asimismo, como el vidrio tiene una conductividad térmica baja, este material funciona perfectamente como aislante, por lo que se puede aplicar como separadores térmicos de fibra de vidrio. Según (Flores-Alés, Jiménez-Bayarri, & Pérez-Fargallo, 2018), se realizó una investigación para mejorar las propiedades de los morteros de cemento con la ayuda de vidrio triturado. No obstante, para poder lograrlo se necesita clasificar

por color el casco de vidrio y observar la composición química del mismo, por lo cual, se coloca en fracciones en comparación con la materia prima del mortero obteniendo que el producto final tenga una conductividad térmica menor y una mayor eficiencia en su uso, pero cuando se analiza la resistencia mecánica, el vidrio la aminora cuando este aumenta en la mezcla. Finalmente, en la tabla 1.3 presenta el resumen de la fabricación de nuevos productos a partir de vidrio reciclado mediante aplicaciones descritas anteriormente.

Tabla 1.3 Aplicación de productos que involucran vidrio reciclado

[Fuente: Elaboración Propia]

Productos	Característica
Fabricación de botellas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reemplazo de Sílice ▪ Condicionamiento de la cantidad debido a la tonalidad del vidrio
Mezclas asfálticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoramiento de las propiedades ▪ Alcanza una granulometría de 1.2 mm
Morteros de cemento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la conductividad térmica del mortero ▪ Verificación de la composición química para determinar la cantidad que se debe aplicar a la mezcla

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El diagrama de flujo presentado en la Figura 2.1 detalla de manera sistemática los diferentes aspectos y consideraciones que se deben tomar en cuenta durante el proceso de diseño para cada uno de los sistemas que conforman la planta de producción, con el propósito de garantizar el correcto proceso de triturado y clasificación del vidrio acorde a su color.

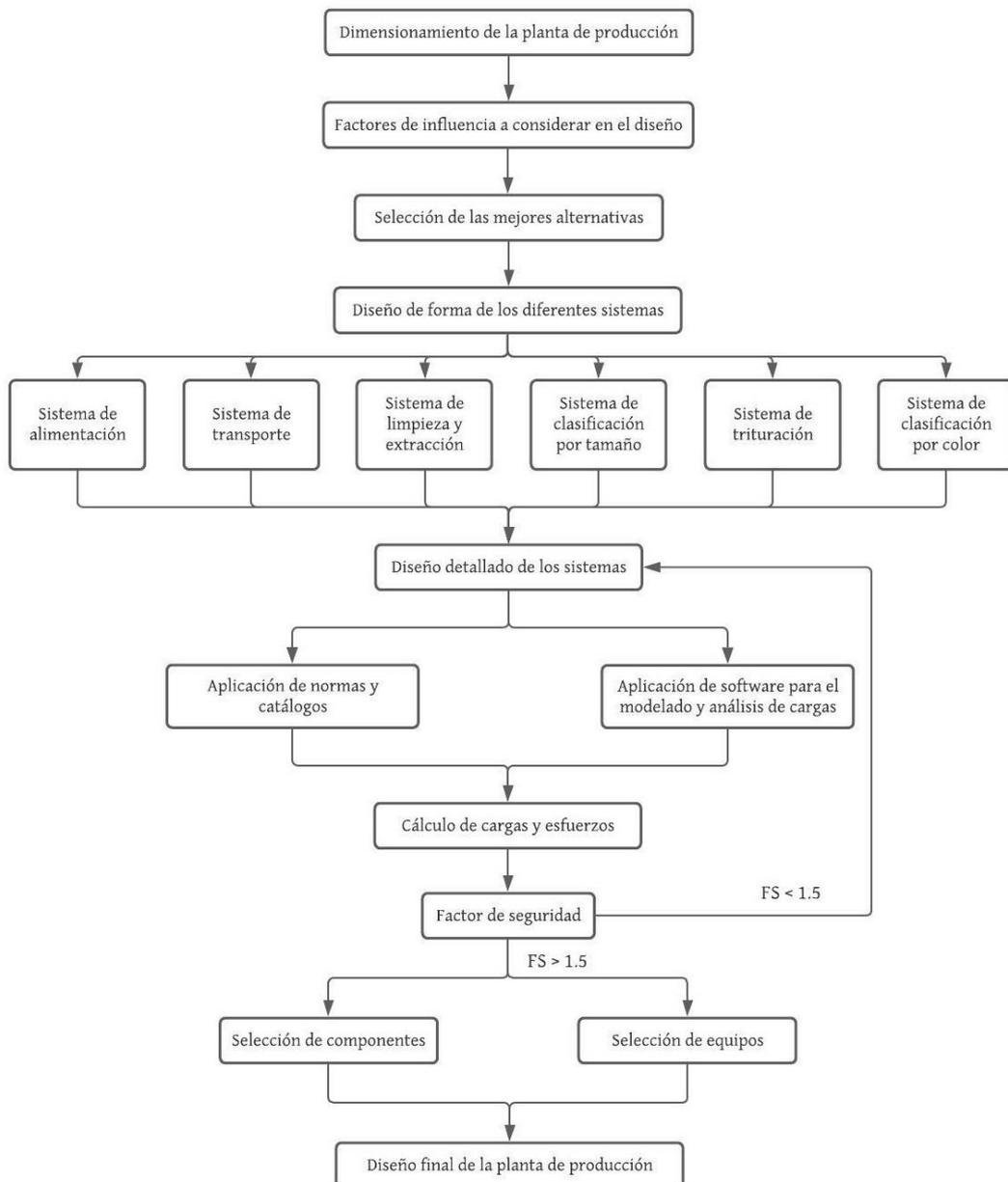


Figura 2.1 Metodología para el proceso de diseño [Fuente: Elaboración Propia]

2.1 Dimensionamiento y localización de la planta

2.1.1 Capacidad de producción

Cantidad de vidrio desechado

Conforme con la información brindada por la Dirección de Ambiente, a través de una entrevista realizada a la Abg. Verónica Manrique, Jefa de Sostenibilidad y Cambio Climático. Se pudo conocer que, de los desechos destinados al relleno sanitario “Las Iguanas” (Tabla 2.1), el 32% de este material puede ser reciclado, con un 3% correspondiente al vidrio. Por otro lado, Samuel Reyes, gerente de URVASEO realizó un estudio previo a la presentación de su oferta contractual en la SERCOP, donde detalla lo siguiente: “La cantidad de basura generada en la ciudad de Guayaquil pasó de 4400 toneladas diarias a un promedio de 3900 toneladas dado que el sector industrial contribuye con un 40% menos de desechos en relación con los datos del 2016” (El Telégrafo, 2019).

Tabla 2.1 Toneladas de desechos con material no aprovechado [Fuente: (Manrique, 2021)]

Procedencia	Toneladas por día
Comercio	21
Hogares	2750
Industrias	38
Servicios Especiales	10

- Cantidad de desechos sólidos que pueden ser reciclados por día:

$$\text{Desechos}_{\text{No Aprov.}} = \text{Ton}_{\text{relleno sanitario (día)}} \cdot \% \text{Desechos}_{\text{reciclables}}$$

$$\text{Desechos}_{\text{No Aprov.}} = 2800 \text{ T} \cdot 32 \%$$

$$\text{Desechos}_{\text{No Aprov.}} = 896 \text{ T}$$

- Cantidad de vidrio que puede ser reciclado por día:

$$\text{Vidrio}_{\text{No Aprov.}} = \text{Desechos}_{\text{No Aprov.}} \cdot \% \text{Vidrio}_{\text{reciclable}}$$

$$\text{Vidrio}_{\text{No Aprov.}} = 896 \text{ T} \cdot 3 \%$$

$$\text{Vidrio}_{\text{No Aprov.}} = 26.9 \text{ T}$$

Producción nominal en toneladas – hora

En base a lo estimado anteriormente, se estableció la siguiente capacidad de producción, considerando 20 días laborables a una jornada de 8 horas.

- Cantidad de vidrio que puede ser reciclado por mes:

$$\text{Ton}_{\text{vidrio (mes)}} = \text{Vidrio}_{\text{No Aprov.}} \cdot 30 \text{ días}$$

$$\text{Ton}_{\text{vidrio (mes)}} = 26.9 \text{ T} \cdot 30 \text{ días}$$

$$\text{Ton}_{\text{vidrio (mes)}} = 806.4 \text{ T}$$

- Cantidad de toneladas procesadas por día:

$$\text{Capacidad}_{\text{día}} = \frac{\text{Ton}_{\text{vidrio (mes)}}}{\text{Días}_{\text{laborable (mes)}}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{día}} = \frac{806.4 \text{ T}}{20 \text{ días}}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{día}} = 40.3 \frac{\text{T}}{\text{día}}$$

- Cantidad de toneladas procesadas por la jornada laboral:

$$\text{Capacidad}_{\text{hora}} = \frac{\text{Ton}_{\text{día}}}{\text{Horas}_{\text{laborable (día)}}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{hora}} = \frac{40.3 \text{ T}}{8 \text{ h}}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{hora}} = 5.0 \frac{\text{T}}{\text{h}}$$

2.1.2 Descripción de los procesos de producción

Recepción de la materia prima. - El vidrio desechado llega en camiones y es depositado en diferentes compartimentos para su posterior traslado hacia la tolva de alimentación con ayuda de un cargador.

Sistema de transporte. - El vidrio es transportado desde la tolva hacia los diferentes procesos de producción por medio de bandas transportadoras, este equipo es idóneo ya que permite realizar la extracción de impurezas sin detener el proceso.

Sistema de limpieza y extracción de impurezas. - A la salida de la tolva se realiza una primera selección manual de los materiales ajenos al proceso de trituración. Los materiales férricos son separados a través de una banda transportadora magnética.

Sistema de clasificación por tamaño. - La criba permite clasificar el material acorde a su tamaño, su malla en la superficie cede el paso a los materiales finos, a diferencia de los materiales gruesos los cuales avanzan debido al movimiento vibratorio del equipo.

Sistema de clasificación por color. - Se realiza con ayuda de una máquina selectora óptica, su funcionamiento se basa en una visión artificial que permite separar el vidrio según su color con ayuda de impulsos de aire comprimido.

2.1.3 Diagrama de flujo del proceso de producción

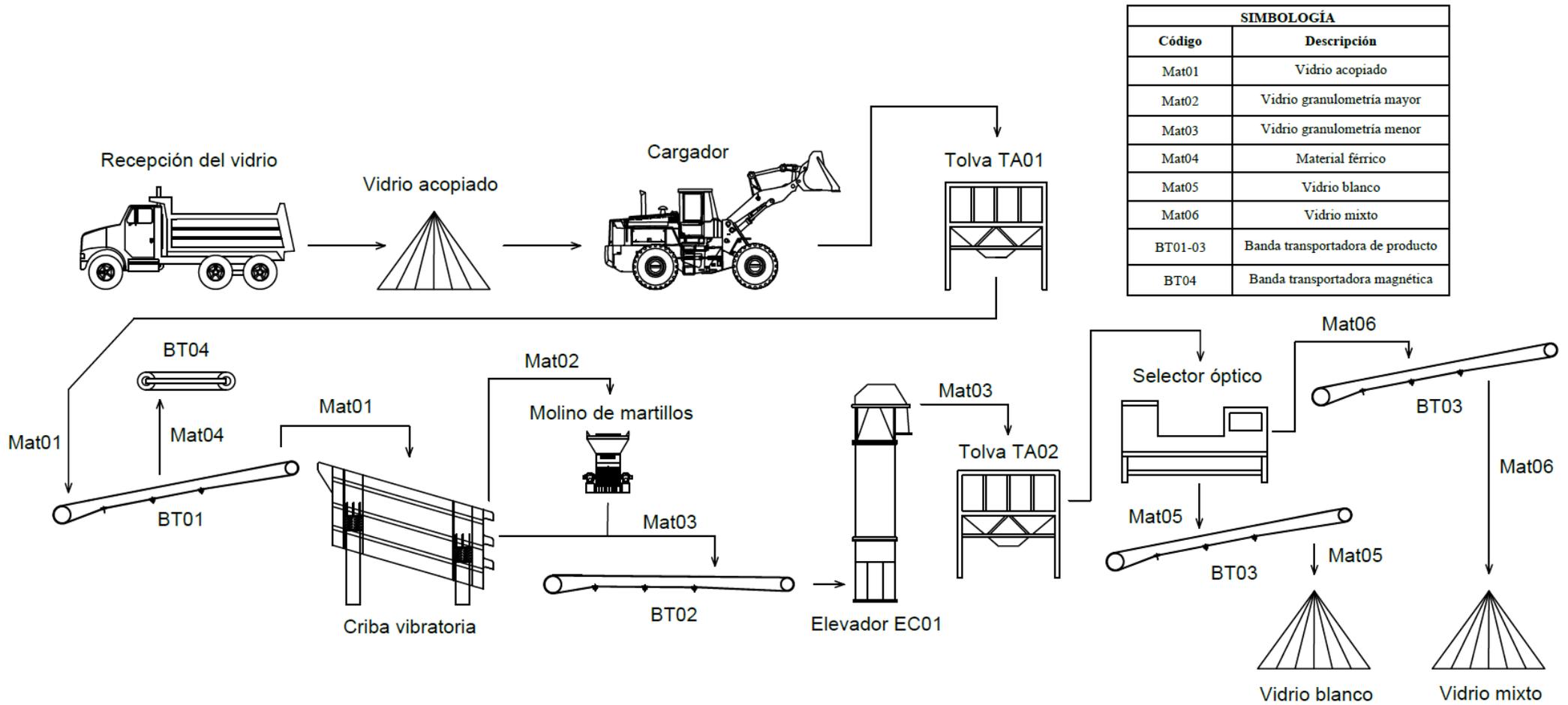


Figura 2.2 Diagrama de flujo del proceso de producción [Fuente: Elaboración Propia]

2.1.4 Localización de la planta

En el proceso de selección territorial para la ubicación de la planta se consideró como macro localización un sector cercano al relleno sanitario “Las Iguanas”, el cual ofrece las mejores condiciones según el análisis de los aspectos para la micro localización, los cuales se detallan a continuación:

- **Cercanía a la fuente de abastecimiento.** - Al ubicar la planta en un sector cercano al relleno sanitario se garantiza una mayor cercanía al proveedor del producto que se desea procesar.
- **Costo de transporte.** - El costo del transporte de los desechos de vidrio hasta la planta de tratamiento no deben ser elevados, por aquello, se debe garantizar una ruta de flujo continuo.
- **Disponibilidad de los servicios básicos.** - Se debe tener acceso a los servicios de agua y energía, indispensables para el proceso de producción.
- **Estructura impositiva y legal.** - En el ámbito legal y dentro del marco de las restricciones, el sector escogido permite albergar plantas industriales, teniendo expectativas de crecimiento.
- **Factibilidad al desprenderse de los desechos.** - Su proximidad al botadero hace factible extraer los materiales ajenos al proceso de producción y depositarlos nuevamente.

En relación con lo antes mencionado, se determina ubicar a la planta de producción en la zona noroeste de la ciudad de Guayaquil, cercano al relleno sanitario (Figura 2.3), localizado en la Vía a Daule. Cabe recalcar que, no se considera instalarla dentro de las 190 hectáreas que conforman el botadero, debido a que esta área ya cuenta con una programación por sectores donde se hallan las celdas que reciben los desechos diarios, sumado al tratamiento previo realizado al terreno con capas impermeables de arcilla que permiten controlar el biogás generado por la descomposición (El Universo, 2021).



Figura 2.3 Ubicación de la planta de producción [Fuente: Elaboración Propia]

2.2 Selección de las alternativas

La selección de la mejor alternativa en los diferentes sistemas que conforman la planta de producción se encuentra ligado a los factores de influencia, esta lista de consideraciones previas al desarrollo del diseño permitió aplicar diferentes matrices de decisión para garantizar una comparativa bajo los mismos criterios de evaluación entre los diferentes equipos. La aplicación de esta herramienta requirió una ponderación previa de los factores más relevantes y posteriormente según su importancia se los calificó en el rango de 1 a 5, siendo el número 1 la opción menos conveniente.

2.2.1 Factores de influencia a considerar para el diseño de la planta

- **Capacidad de producción.** - Permite seleccionar los equipos y otros elementos acordes a su capacidad nominal sin afectar la línea de producción.
- **Costo de adquisición.** - Los costos en la selección de un equipo se vinculan al proceso de compra e importación. En el caso de su diseño corresponde a la adquisición del material y componentes, análisis de precios, etc.
- **Costo de operación.** - Corresponde a los gastos necesarios requeridos para mantener al equipo en funcionamiento, vital para definir su beneficio bruto dentro de la demanda de recursos.
- **Dimensionamiento.** - En el proceso de diseño se debe considerar una medida óptima del espacio que va a ocupar un equipo para no provocar gastos elevados debido a un sobredimensionamiento.
- **Facilidad de operación.** - La planta de producción consta de diferentes procesos para tratar el material, por aquello, los equipos que la conforman deben ser los más factibles para el manejo y capacitación del operador.
- **Mantenimiento.** - La rentabilidad de un equipo se evidencia a través del número de intervenciones, tiempo, y costos requeridos durante el proceso de mantenimiento, con relación a sus toneladas y horas de producción.

- **Montaje e Instalación.** - Si la forma de instalación del equipo es el correcto, se puede asegurar que este cumplirá su tiempo de vida útil, además de garantizar la eficiencia de producción detallada por el fabricante.

2.2.2 Propuestas para el sistema de transporte horizontal

Banda Transportadora

La banda transportadora (Figura 2.4) es considerada como el sistema más factible dentro de los procesos industriales debido a su fácil adaptación y gran capacidad de transporte que permite trasladar diversos materiales ya sean sólidos o al granel, cubriendo grandes distancias.

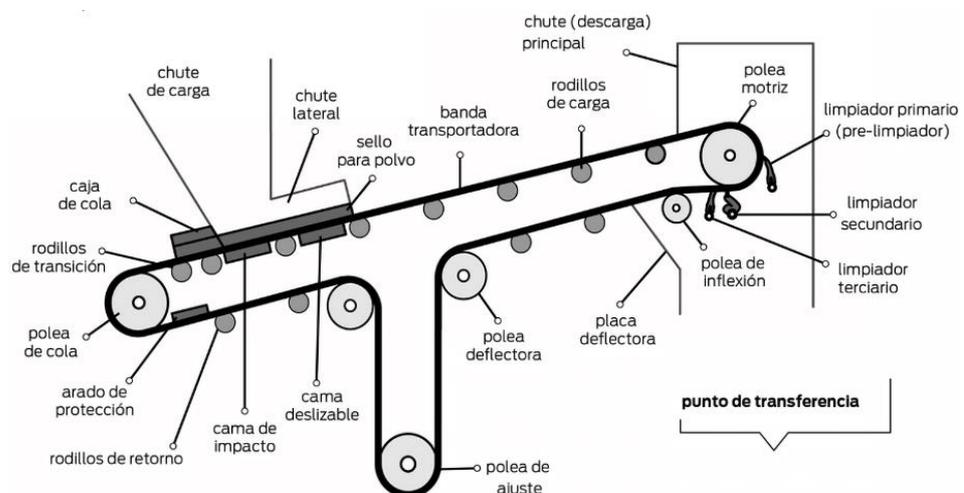


Figura 2.4 Partes de una banda transportadora [Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

Transportador Neumático

El transportador neumático (Figura 2.5) para su funcionamiento implementa un flujo de gas a presión. Su aplicación es mayormente para plantas industriales con elevada capacidad de producción y donde el proceso de calidad requiere la protección del producto; este sistema de transporte no está diseñado para materiales con granulometría superior a los 20 mm o materiales abrasivos.

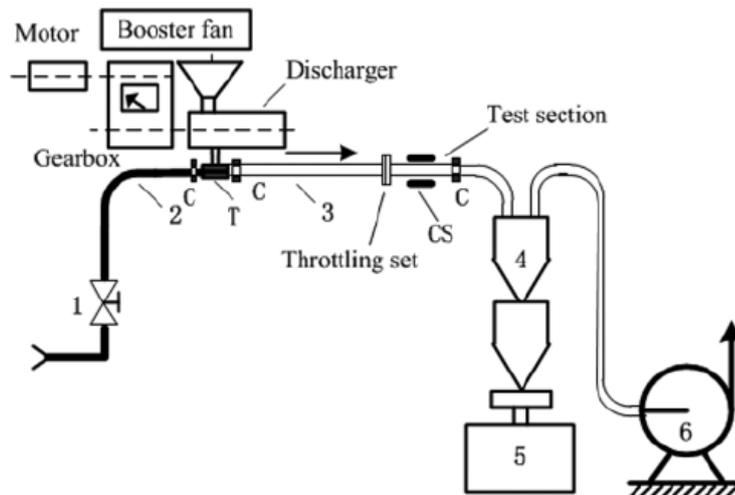


Figura 2.5 Esquema de un transportador neumático [Fuente: (Wang, Hongli, & Zhang, 2015)]

Transportador Helicoidal

El transportador helicoidal (Figura 2.6) es aplicado para distancias cortas, permite transportar materiales al granel, líquidos, y polvos finos. Su característica de diseño se basa en su forma de instalación a diferentes ángulos, pero también se convierte en la mayor limitante dado que el material debe tener un flujo libre; la capacidad de transporte disminuye a medida que aumenta la inclinación.

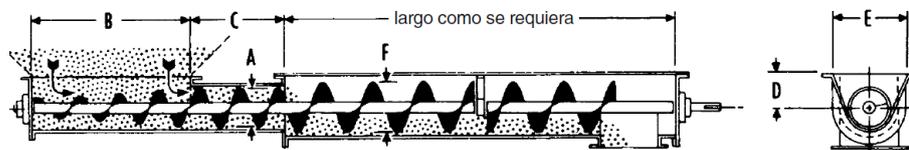


Figura 2.6 Vista lateral y frontal de un transportador helicoidal [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

Matriz de Decisión: Sistema de Transporte

Se definen las siguientes alternativas acorde a cada sistema de transporte:

Alternativa 1: Banda Transportadora

Alternativa 2: Transportador Neumático

Alternativa 3: Transportador Helicoidal

Tabla 2.2 Matriz de decisión: Selección del sistema de transporte horizontal [Fuente: Elaboración Propia]

Criterio	Peso %	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Capacidad de producción	25%	5	1.25	4	1.00	3	0.75
Costo de adquisición	20%	5	1.00	3	0.60	4	0.80
Costo de operación	15%	4	0.60	2	0.30	3	0.45
Mantenimiento	20%	5	1.00	4	0.80	3	0.60
Montaje e Instalación	20%	4	0.80	2	0.40	3	0.60
Total	100%	4.65		3.10		3.20	

2.2.3 Propuestas para el sistema de limpieza y extracción de impurezas

Banda Transportadora Magnética

Una banda transportadora magnética (Figura 2.7) es considerada un medio de limpieza ya que permite separar los materiales ferrosos que circulan en otra cinta previo a un proceso de molienda o corte. Un electroimán permite ascender los residuos para después arrastrarlos con una banda nervada hasta sacarlos del campo magnético donde se desprenderán por gravedad.

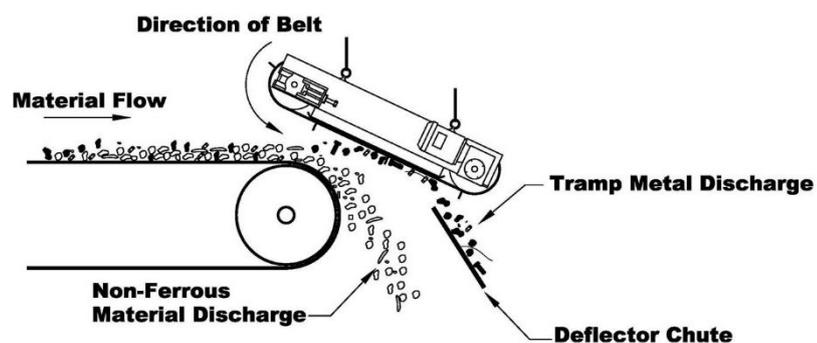


Figura 2.7 Esquema de una banda transportadora magnética [Fuente: (Innovative Magnetic Technologies Inc., 2021)]

Ducto de Aspiración

El ducto de aspiración (Figura 2.8) permite eliminar del proceso los contaminantes leves, denominados así por tener un menor peso en comparación con el vidrio, por ejemplo: materiales de plástico, papel, etc. La extracción es producida por medio de un ciclón conectado por ductos hacia la boca de aspiración.

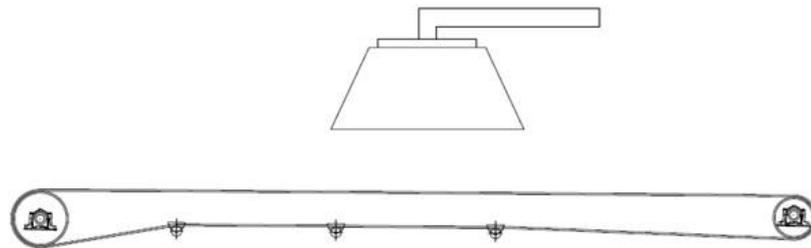


Figura 2.8 Esquema del ducto de aspiración [Fuente: Elaboración Propia]

Extracción Manual

La extracción manual (Figura 2.9) se considera como el primer filtro de limpieza en todo proceso de reciclaje, este método permite realizar una primera inspección visual y separar los materiales ajenos, como es el caso de fundas de plástico, cartón, materiales cerámicos, etc.

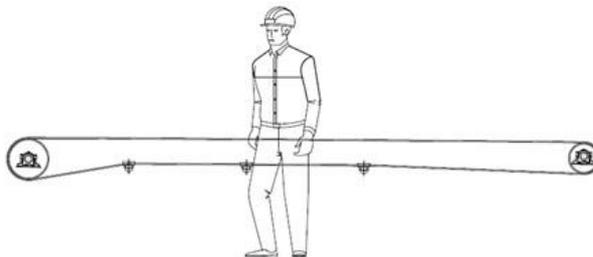


Figura 2.9 Esquema de la extracción manual [Fuente: Elaboración Propia]

Matriz de Decisión: Sistema de Limpieza y Extracción de Impurezas

Se definen las siguientes alternativas acorde a cada sistema de transporte:

Alternativa 1: Banda Transportadora Magnética

Alternativa 2: Ducto de Aspiración

Alternativa 3: Extracción Manual

Tabla 2.3 Matriz de decisión: Selección del sistema de limpieza y extracción [Fuente: Elaboración Propia]

Criterio	Peso %	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Capacidad de producción	25%	5	1.25	3	0.75	2	0.50
Costo de adquisición	35%	5	1.75	2	0.70	3	1.05
Costo de operación	25%	4	1.00	2	0.50	3	0.75
Facilidad de operación	15%	5	0.75	3	0.45	4	0.60
Total	100%	4.75		2.40		2.90	

2.2.4 Propuestas para el sistema de trituración

Molino de Bolas

El molino de bolas (Figura 2.10) está formado por una estructura de cuerpo cilíndrico, en su exterior se aprecia una corona que facilita el movimiento de rotación a través del engranaje con el piñón de accionamiento. En su interior se depositan las bolas encargadas de romper el material por efectos de fricción y percusión, su forma de descarga se determina a partir del tiempo de molienda: húmeda o seca.

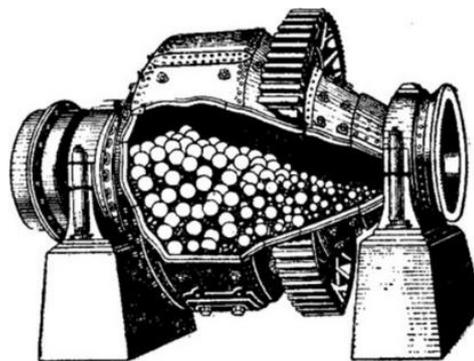


Figura 2.10 Esquema de un molino de bolas [Fuente: (Neikov, Yefimov, & Naboychenko, 2019)]

Molino de Martillos

El molino de martillos (Figura 2.11) consta de un eje que gira a altas revoluciones, debido a la fuerza centrífuga los percutores colocados lo largo del eje se posicionan perpendicularmente, bajo estas condiciones de trabajo, por la zona de carga ingresa el material hacia la cámara de desintegración donde los impactos reducen su granulometría acorde al tamaño de la rejilla ubicada en la parte inferior por donde se permite su salida. Aplicado para materiales poco duros o abrasivos.

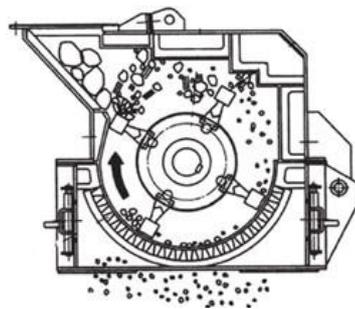


Figura 2.11 Esquema de un molino de martillos [Fuente: (Kratky & Jirout, 2011)]

Triturador de Mandíbula

El triturador de mandíbula (Figura 2.12) recibe este nombre debido al movimiento que tienen las placas de articulación durante su operación, este equipo es ideal para la trituración de materiales abrasivos, fuertes, y con altas resistencias de compresión. La fragmentación del material se genera a través del movimiento oscilatorio provocado en la placa móvil.

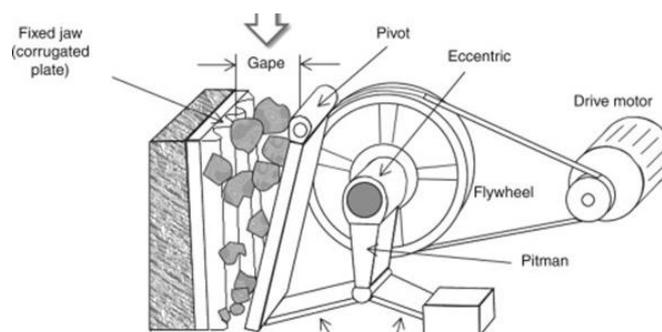


Figura 2.12 Partes de un triturador de mandíbula [Fuente: (Gupta & Yan, 2016)]

Matriz de Decisión: Sistema de Trituración

Se definen las siguientes alternativas acorde a cada sistema de trituración:

Alternativa 1: Molino de Bolas

Alternativa 2: Molino de Martillos

Alternativa 3: Triturador de Mandíbula

Tabla 2.4 Matriz de decisión: Selección del sistema de trituración [Fuente: Elaboración Propia]

Criterio	Peso %	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Capacidad de producción	35%	4	1.40	5	1.75	3	1.05
Costo de adquisición	20%	2	0.40	5	1.00	4	0.80
Costo de operación	20%	2	0.40	4	0.80	3	0.60
Mantenimiento	25%	2	0.50	5	1.25	4	1.00
Total	100%	2.70		4.80		3.45	

2.3 Diseño y selección de equipos

2.3.1 Sistema de alimentación

Tolva de Alimentación

El proceso de diseño para la tolva de alimentación estuvo definido por el volumen requerido para abastecer una hora a la planta de producción, valor obtenido a partir de la ecuación 2.1:

$$V_{\text{tolva-hora}} = \frac{\text{Capacidad}_{\text{hora}}}{\rho_{\text{vidrio desechado}}} \quad (2.1)$$

Donde:

$V_{\text{tolva-hora}}$: Volumen de la tolva para una hora de producción

$\text{Capacidad}_{\text{hora}}$: Capacidad de producción por hora

$\rho_{\text{vidrio desechado}}$: Densidad del vidrio desechado

A este volumen se lo multiplico por las horas que se desea suministrar de producto a la planta sin requerir un llenado, ecuación 2.2.

$$V_{\text{tolva-teórico}} = V_{\text{tolva-hora}} \cdot \text{Horas}_{\text{alimentación}} \quad (2.2)$$

La maquinaria seleccionada para llenar la tolva de alimentación fue un cargador, cuya ficha técnica se encuentra en el Apéndice B. Conociendo la altura máxima a la que se realiza la descarga, el área de entrada por las dimensiones del balde, junto con el área de salida que está limitada por el ancho de la banda transportadora BT01 (Anexo A), se procedió a realizar el diseño de forma en base a la expresión de la ecuación 2.3:

$$V_{\text{tolva-teórico}} = \frac{h}{3} \cdot (A_{\text{ent.}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{\text{ent.}} \cdot A_{\text{sal.}}}) \quad (2.3)$$

Donde:

$V_{\text{tolva-teórico}}$: Volumen teórico total de la tolva

h: Altura del cuerpo de la tolva

$A_{\text{ent.}}$: Área de entrada de la tolva

$A_{\text{sal.}}$: Área de salida de la tolva

En este proceso de diseño también se incluyó la distribución de las presiones en las paredes de la tolva a lo largo de su geometría cuando esta se encuentra completamente llena (Figura 2.13), este análisis se lo realizo con la ayuda de la norma UNE - ENV 2006 - Acciones en estructuras: Silos y Tolvas. Aplicando las ecuaciones 2.4 - 2.8.

$$p_{\text{vft}} = \gamma \cdot z_v \quad (2.4)$$

$$p_{n1} = p_{\text{vft}} \cdot (C_b \cdot \sin(\beta)^2 + \cos(\beta)^2) \quad (2.5)$$

$$p_{n2} = p_{\text{vft}} \cdot C_b \cdot \sin(\beta)^2 \quad (2.6)$$

$$p_{n3} = 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma \cdot K}{\sqrt{\mu}} \cdot \cos(\beta)^2 \quad (2.7)$$

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \cdot \frac{x}{l_h} \quad (2.8)$$

Donde:

z_v : Medida de profundidad para la evaluación de la presión vertical

C_b : Factor de aumento a la carga

β : Ángulo de inclinación en la pared de la tolva

p_{vft} : Presión vertical del sólido almacenado después del llenado

p_{n1}, p_{n2}, p_{n3} : Componentes de presión normal

p_n : Presión normal a la pared de la tolva

l_h : Distancia inclinada desde el vértice de la tolva

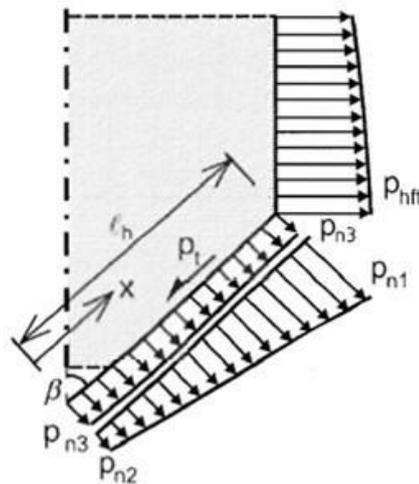


Figura 2.13 Presiones en las paredes de la tolva cuando está llena

[Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006)]

Válvula Pin Gate

A la salida de la tolva de alimentación se implementó una válvula pin gate para controlar el flujo del material que ingresa en la línea de proceso, para su selección se requirió determinar la fuerza ejercida por el material, como se indica en la ecuación 2.9.

$$F_{\text{Pin-Gate}} = P_{\text{salida}} \cdot A_{\text{salida}} \quad (2.9)$$

Posteriormente, se determinó el área de trabajo de la válvula en base a la cedencia del material, ecuación 2.10. En el Anexo C se detalla el procedimiento completo de lo antes mencionado.

$$A_{\text{trabajo}} = \frac{\eta_{F.S} \cdot F_{\text{Pin-Gate}}}{S_y} \quad (2.10)$$

2.3.2 Sistema de transporte

Banda Transportadora

En la figura 2.14 se presenta la metodología aplicada para el diseño de las bandas transportadoras requeridas.

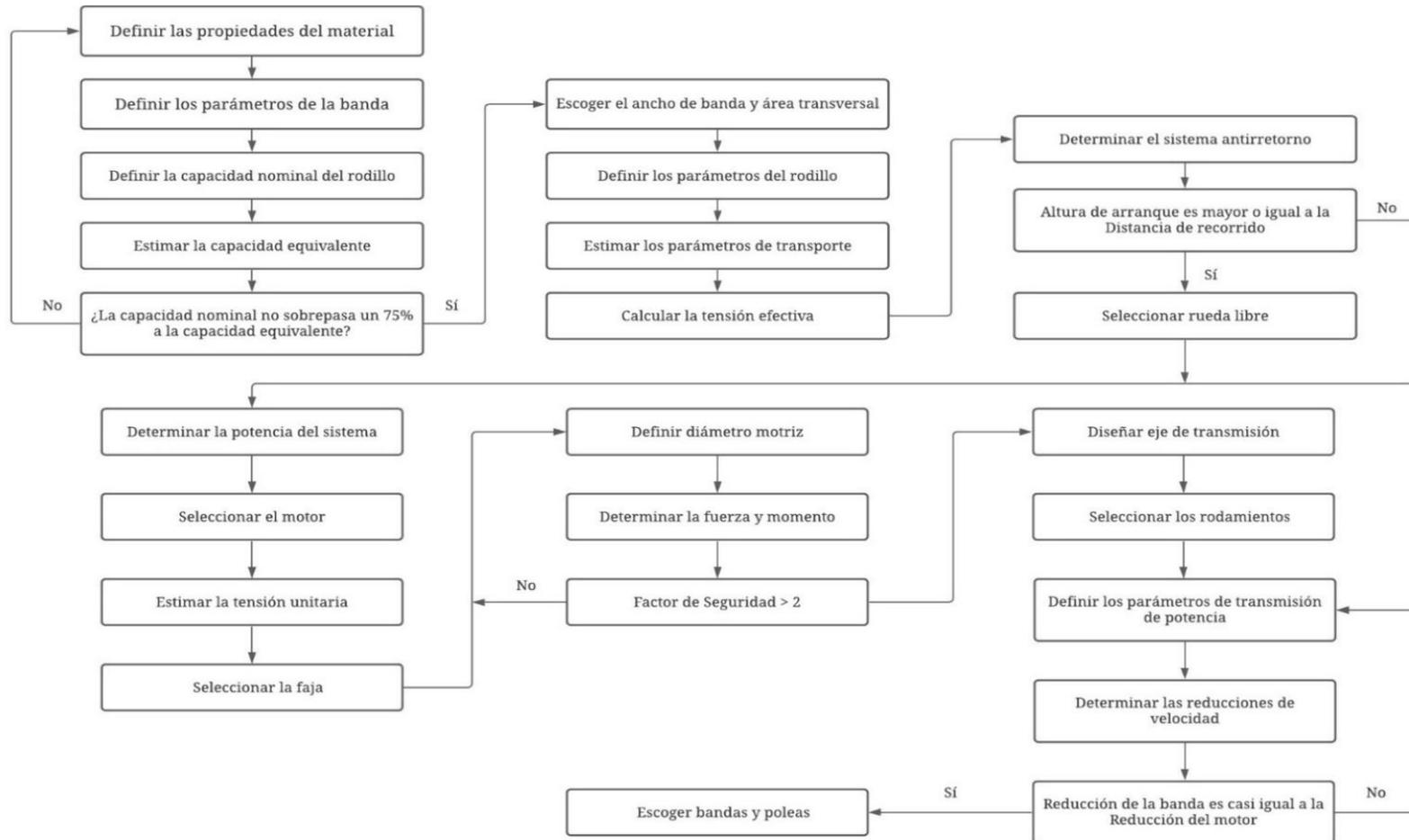


Figura 2.14 Proceso de diseño para la banda transportadora [Fuente: Elaboración Propia]

Elevador de Cangilones

El Catálogo de Martín otorgo ciertas recomendaciones para el diseño del elevador de cangilones, la secuencia de la Figura 2.15 está relacionada al dimensionamiento de la estructura (Figura 2.16) y selección de algunos componentes principales del elevador. En el Anexo F se encuentra detallado el procedimiento antes mencionado, además de las consideraciones de diseño para el eje de transmisión, chaveta, entre otros, así como la selección del motor, reductor, bandas, bujes, rodamientos, etc.

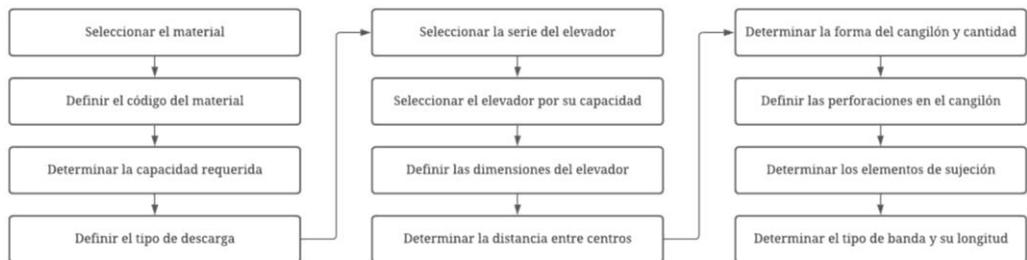


Figura 2.15 Proceso de diseño para el elevador de cangilones [Fuente: **Elaboración Propia**]

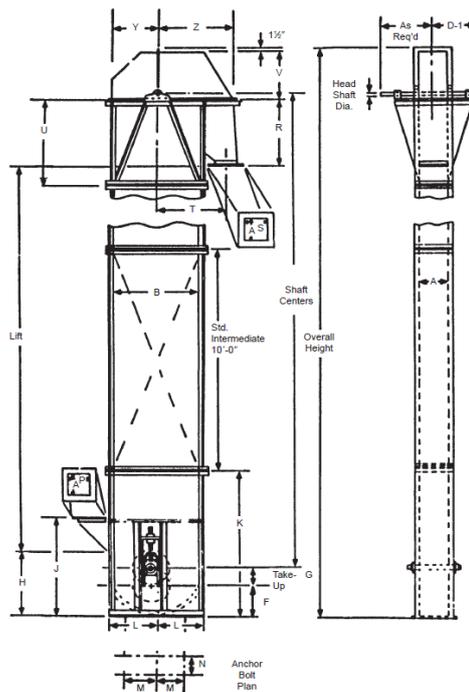


Figura 2.16 Esquema del elevador de cangilones [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 137)]

2.3.3 Sistema de limpieza y extracción de impurezas

Banda Transportadora Magnética

La selección de la banda transportadora magnética estuvo limitada por un largo superior al ancho de la banda BT01, además se requirió conocer el peso de este equipo para realizar el diseño de la estructura que la sostendrán por encima de la banda antes mencionada.

2.3.4 Sistema de clasificación por tamaño

Criba Vibratoria

Antes de introducir el casco de vidrio a otros procesos se deben cumplir ciertos parámetros, y uno de ellos es el tamaño. La criba con su movimiento oscilatorio debe permitir extraer los trozos con granulometría inferiores a los 40 mm, el material restante está destinado al proceso de trituración. Durante la selección se debió conocer las dimensiones de la criba para determinar la altura de la banda BT01.

2.3.5 Sistema de trituración

Molino de Martillos

La selección del molino de martillos estuvo limitada por las siguientes características: capacidad de producción, abertura en la malla de descarga, y dimensiones del equipo. El tamaño del vidrio luego de la trituración no debe exceder a los 40 mm, después de este proceso vuelve a la línea de producción.

2.3.6 Sistema de clasificación por color

Máquina selectora óptica

El sistema de clasificación por color es el último proceso de producción, por lo tanto, su selección estuvo ligada al porcentaje de precisión del equipo para separar el casco de vidrio según su coloración. Adicionalmente, se debe conocer sus dimensiones para determinar la altura requerida para la tolva de alimentación TA02 y la banda BT03.

2.4 Comercialización

2.4.1 Mercado objetivo

Después de haber planteado la conceptualización de la planta se define el mercado al que se venderá el calcín, estos son: CRIDESA, FAIRIS, manufactureras de bloques de cemento, hormigón o industrias que estén relacionados con la fabricación de vidrio y posean una mezcla de SCC.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diseño de equipos

3.1.1 Banda transportadora

Tabla 3.1 Bandas Transportadoras: Especificaciones de diseño [Fuente: Elaboración Propia]

Característica	Denominación		
	BT01	BT02	BT03
Material	Vidrio desechado	Calcín	
Altura [m]	3.75	0	3.50
Inclinación	16°	0°	16°
Velocidad de diseño [ft/min]	50	80	
Densidad [lb/ft ³]	120	100	

El transporte del material es realizado por bandas transportadoras, Tabla 3.1. Las velocidades de diseño fueron escogidas en base a la capacidad de trabajo requerida, siendo un 20% para la BT01 y el 28% para las dos restantes. Por otra parte, acorde con las propiedades del material las bandas requerían tener un ángulo de inclinación máximo de 18°, optando por un ángulo de 16° debido a las limitaciones por el dimensionamiento de las tolvas. Adicionalmente, en la Tabla 3.2 se encuentran las consideraciones de diseño, y en la Tabla 3.3 se detallan los equipos y productos requeridos para cada banda. Finalmente, se consideró que para evitar el cuello de botella se requería añadir un 20% más a la capacidad de diseño, en las Figuras 3.1 hasta la 3.3 se pueden visualizar las vistas isométricas de las bandas antes mencionadas.

Tabla 3.2 Bandas Transportadoras: Consideraciones de diseño [Fuente: Elaboración Propia]

Consideración	Dimensionamiento
Ambiente erosivo	Bandas resistentes a la abrasión, aceites, y corrosión
Desgaste en los equipos	Temperaturas de trabajo: 20 - 40 °C
Derrame de material	Desalineamientos en los rodillos hasta 4 in.
Mayor agarre	Angulo de transmisión 210°
Rodillos de impacto	Separación de 30 cm
Velocidad del motorreductor	BT01: 8 [rpm] BT02 y BT03: 13 [rpm]
Eje motriz	Material AISI 1045 Rolado en Caliente Confiabilidad del 90% Medidas del catálogo técnico (ULMA, 2018)

Tabla 3.3 Bandas Transportadoras: Resultados de la selección de equipos [Fuente: Elaboración Propia]

Equipo / Catálogo	BT01 7.5 HP	BT02 10 HP	BT03 10 HP
Rueda libre / RINGSPANN	FA 57 SFT 40	----	FA 57 SFT 40
Motor (enclosed) / NEMA	Frame 254 T -1200	Frame 284 T - 1200	
Reductor/ SIEMENS	2KJ3210 - 5HG22 – 60DC1	2KJ3111 - 11JR23 - 60DT1	
Polea impulsora / MARTIN	3 3V475 SDS	5 3V500 SDS	
Polea impulsada / MARTIN	3 3V1060 SK	5 3V1060 SK	
Faja / GOODYEAR	PLYLON EP 250/2	PLYLON EP 200/2	
Tambor motriz / MARTIN	CSD12020X25L3H		
Tambor de cola / ULMA	Tambor Recubierto ULMA - 400		
Rodamientos / NTN	Rodamiento de Bola: 6908		
Rodillos / ULMA	Soporte CEMA C4 - 18		

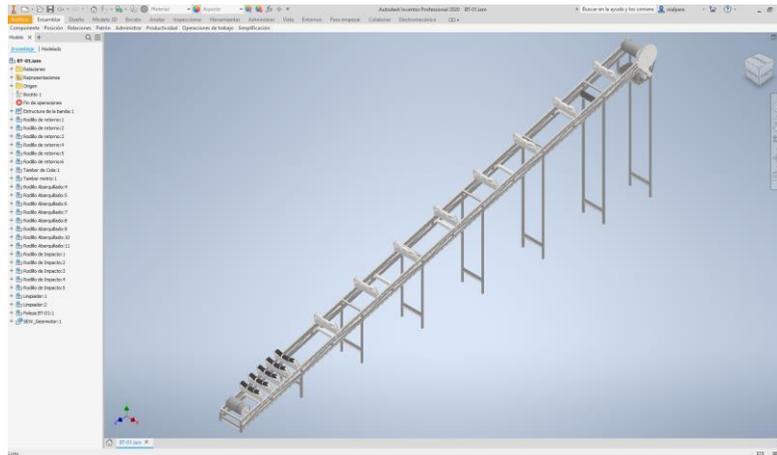


Figura 3.1 Banda Transportadora BT01: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

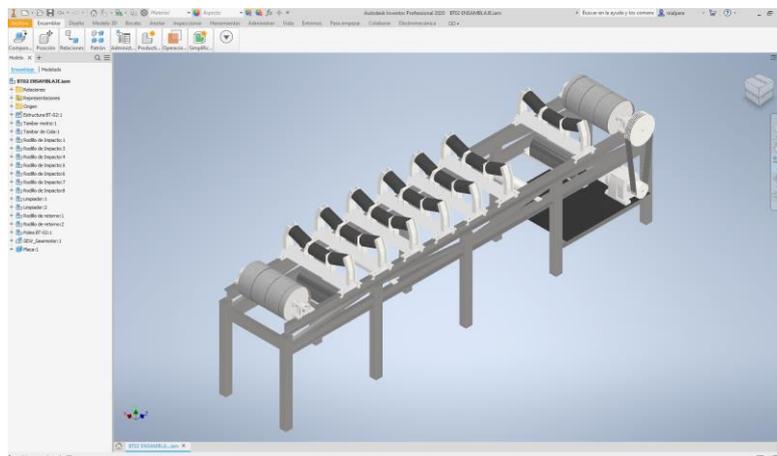


Figura 3.2 Banda Transportadora BT02: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

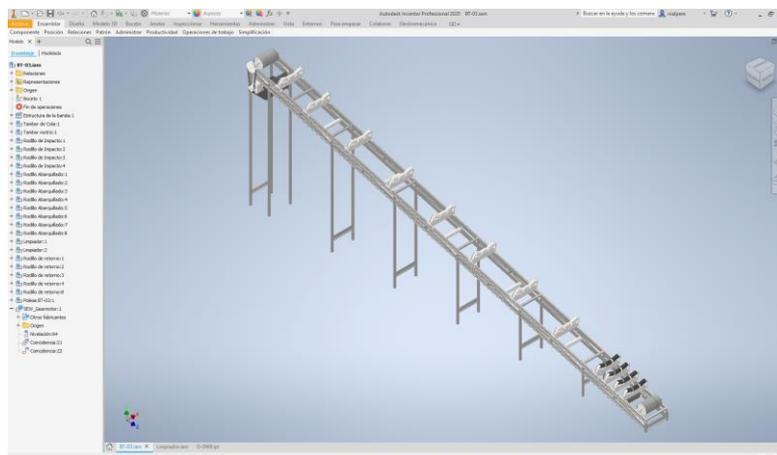


Figura 3.3 Banda Transportadora BT03: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

3.1.2 Tolva de alimentación

En la Tabla 3.4 se detallan las características de la tolva TA01 y TA02. Adicionalmente, en el Apéndice B se encuentra el procedimiento donde se relaciona las dimensiones de la pala del cargador JCB 455ZX con el diseño de forma de la tolva TA01. Por otro lado, en el Apéndice D se muestra el proceso de diseño de la tolva TA02 a partir de las dimensiones de entrada, salida, y altura, para otorgar un volumen de almacenamiento y horas de abastecimiento superior a los de la tolva TA01. Las simulaciones respectivas se realizaron con el software Ansys.

Tabla 3.4 Tolva TA01 y TA02: Características [Fuente: Elaboración Propia]

Característica	Tolva TA01	Tolva TA02
Dimensiones de entrada	3400 x 3300 mm	3700 x 3700 mm
Dimensiones de salida	460 x 460 mm	400 x 400 mm
Horas de abastecimiento	2 h 30 min	2 h 44 min
Volumen de almacenamiento	6.51 m ³	8.53 m ³

Una de las consideraciones durante el diseño de las tolvas fue que el ángulo interior sea superior al ángulo de reposo del material. Conociendo las presiones en cada cuerpo se desarrolló la simulación respectiva obteniendo los resultados detallados en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Tolva TA01 y TA02: Resultados del cuerpo [Fuente: Elaboración Propia]

Característica	Tolva TA01	Tolva TA02
Ángulo interior	38°	43°
Ángulo de reposo del material	30°	35°
Esfuerzo máximo	46 MPa	25 MPa
Deformación total	0.20 mm	0.12 mm
Material requerido	Lámina 5 mm – 400 HB	

En la simulación de las estructuras se consideró el peso total del cuerpo de la tolva cargado con el material, obteniendo los resultados detallados en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Tolva TA01 y TA02: Resultados de la estructura [Fuente: Elaboración Propia]

Característica	Tolva TA01	Tolva TA02
Esfuerzo máximo	37 MPa	68 MPa
Deformación total	0.25 mm	0.37 mm
Material requerido	Acero A36	

Tolva de Alimentación TA01

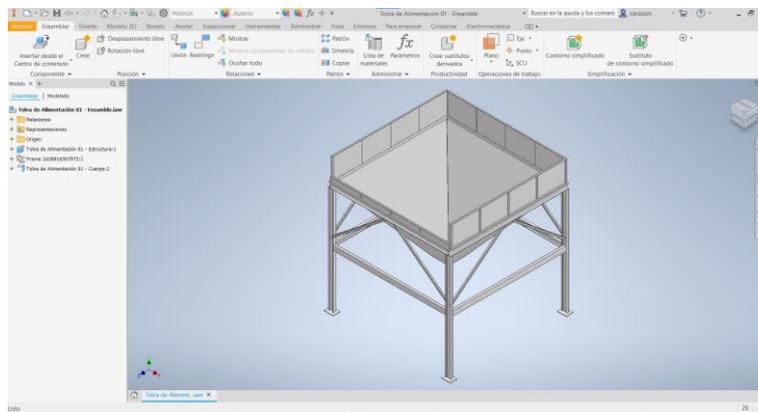


Figura 3.4 Tolva TA01: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

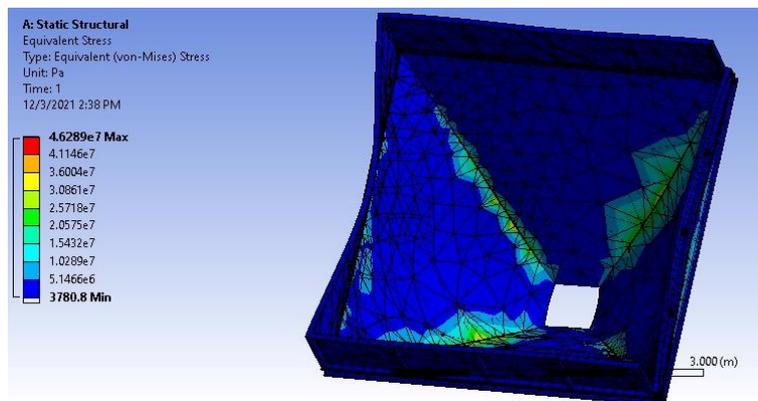


Figura 3.5 Tolva TA01: Cuerpo - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

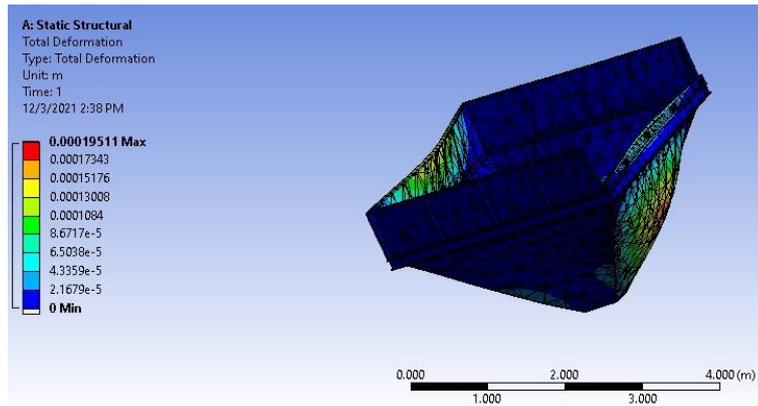


Figura 3.6 Tolva TA01: Cuerpo - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

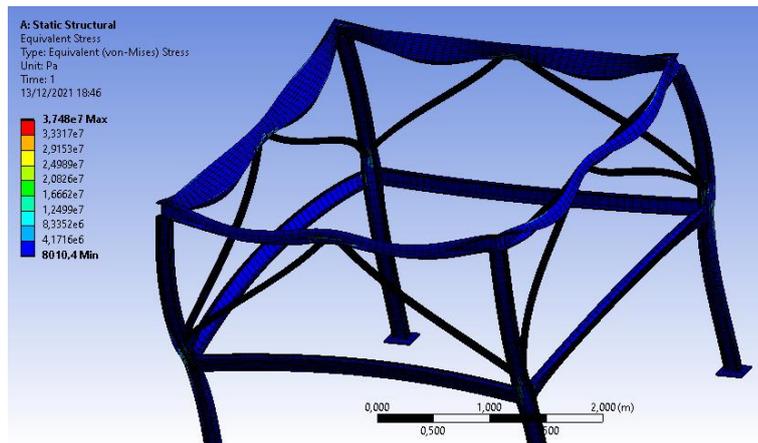


Figura 3.7 Tolva TA01: Estructura - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

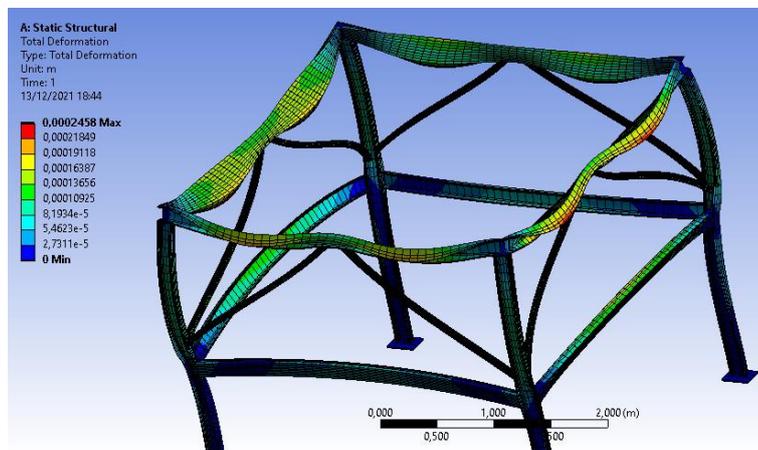


Figura 3.8 Tolva TA01: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

Tolva de Alimentación TA02

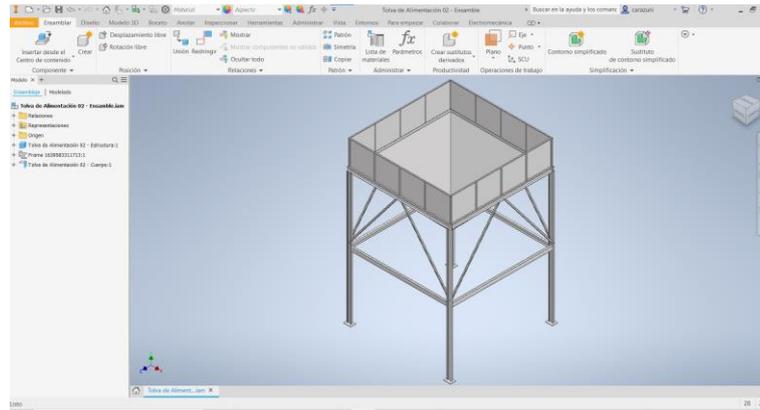


Figura 3.9 Tolva TA02: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

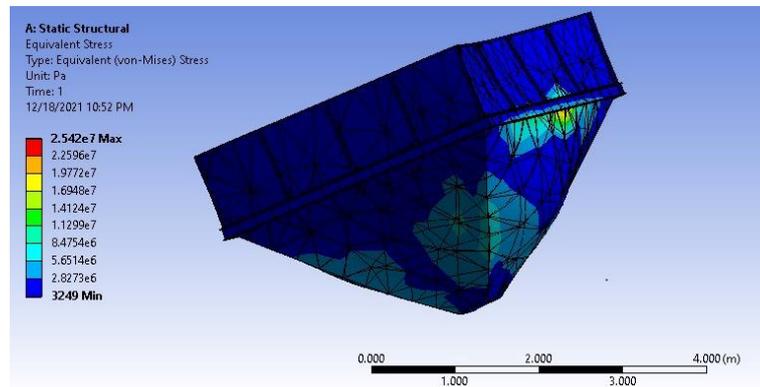


Figura 3.10 Tolva TA02: Cuerpo - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

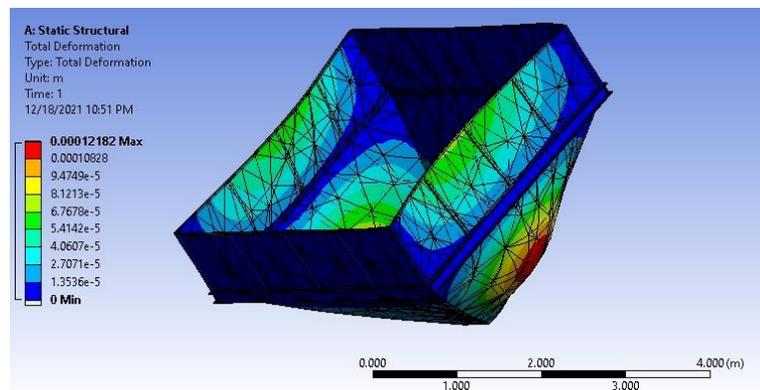


Figura 3.11 Tolva TA02: Cuerpo - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

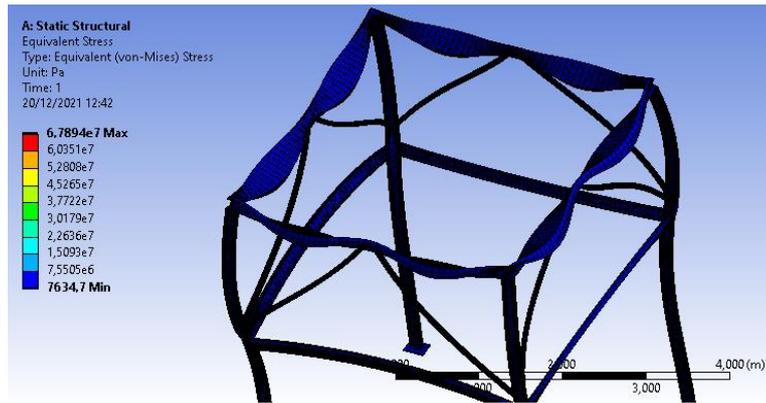


Figura 3.12 Tolva TA02: Estructura - Distribución de los esfuerzos
 [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

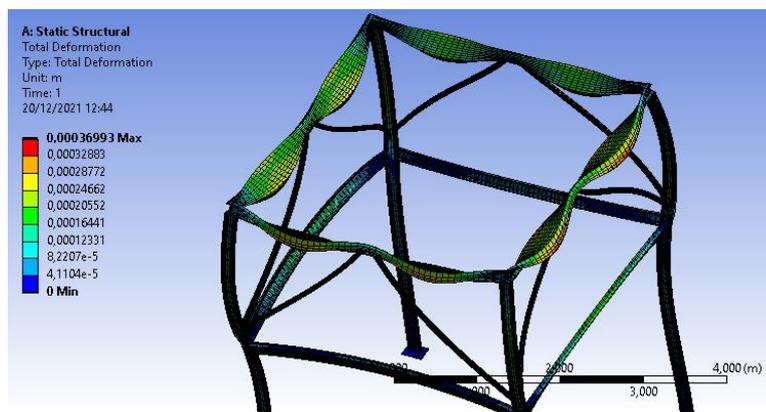


Figura 3.13 Tolva TA02: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

3.1.3 Elevador de Cangilones

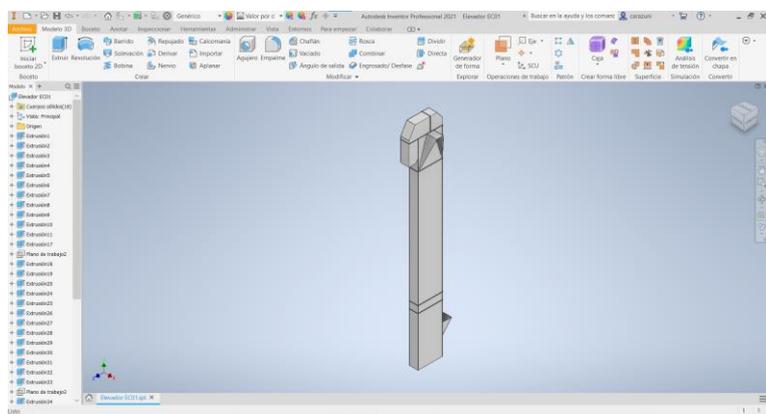


Figura 3.14 Elevador EC01: Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Inventor Professional 2021]

El elevador de cangilones requerido es un B64-141, cuyas características según su nomenclatura se detallan en la Tabla 3.7, posteriormente según la distancia entre centros requerida se procedió a determinar el estilo, cantidad, y número de perforaciones en el cangilón. Adicionalmente, se determinó el diámetro que debe tener el eje de transmisión para soportar la polea, y rodamientos seleccionados; a continuación, se presentan algunos resultados. El desarrollo para el procedimiento de los cálculos y el resto de las selecciones realizadas se encuentran en el Apéndice F.

Tabla 3.7 Elevador EC01: Resultados generales [Fuente: Elaboración Propia]

Característica	Resultado
Nomenclatura del elevador	B64-141
Distancia entre centros	6.92 m
Estilo del cangilón	AA
Cantidad de cangilones	46
Tornillo Norway	92 tornillos; 1/4" x 1"
Longitud de la banda	16.6 m
Tipo de banda	2 PLY 220 HULE
Motor	5HP; FRAME: 184 T
Reductor	Marca: SITI; Modelo: NHL 25/3
Banda de transmisión	3 3V 500
Polea impulsora	3 3V 335 SH
Polea impulsada	3 3V 650 SDS
Diámetro para la polea	72 mm
Diámetro para los rodamientos	40 mm
Número de rodamientos	6908
Dimensiones de la chaveta	20x12x83 mm
Acople de cadena	C80-18

3.2 Selección de equipos

3.2.1 Válvula pin gate

Para evitar los derrames de material en las tolvas de alimentación se implementa una Válvula Pin Gate Modelo RGV 20W20S.

3.2.2 Banda transportadora magnética

Dado que la banda transportadora BT01 tiene un ancho aproximado de 650 mm, se optó por el Modelo RCYD6. En base a las especificaciones del fabricante su posicionamiento deber ser a una altura no inferior de los 700 mm y de manera perpendicular a la banda mencionada.

3.2.3 Criba vibratoria

La criba vibratoria Modelo YK0918 permite separar los trozos de vidrio con granulometría inferior a los 40 mm, este material es depositado directamente a la banda transportadora BT02. Las dimensiones de la criba que se seleccionó son: 2489x1358x770mm, datos que permitieron determinar la altura de la banda BT01.

3.2.4 Molino de martillos

El molino de martillos que fue escogido es un Modelo PC400x400, este equipo reduce los restos de vidrio con granulometría mayor hasta un tamaño máximo de 30 mm, su capacidad de producción es acorde a las 5 T/h. Adicionalmente, durante el diseño de la banda transportadora BT02 se consideró la altura del molino (878 mm).

3.2.5 Máquina selectora óptica

La máquina selectora óptica, Modelo SL41 consta con 4 cámaras de 5400 pixeles que identifican y separan el casco de vidrio con impulsos de aire comprimido. Sus dimensiones son de 2920x1220x1720 mm, con un peso de 2300 kg; estos equipos generalmente solo clasifican un color a la vez.

3.3 Diseño detallado de la planta

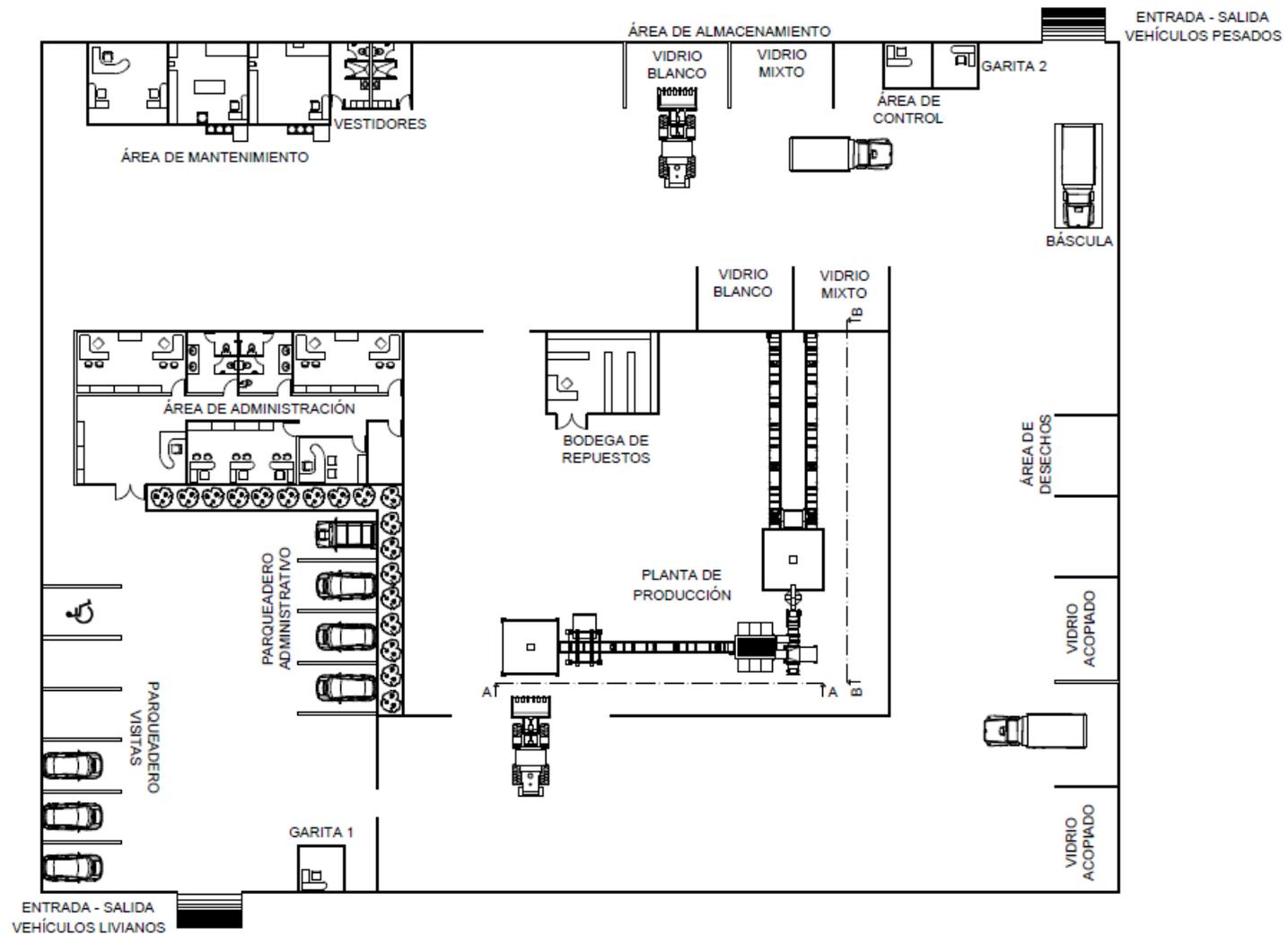
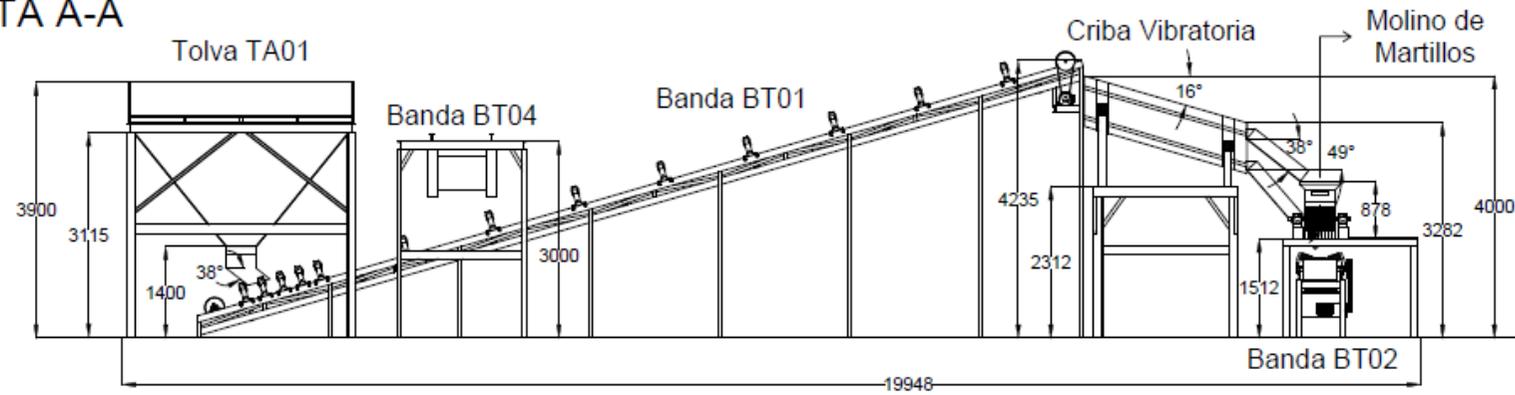


Figura 3.15 Diseño detallado de la planta de producción [Fuente: Elaboración Propia]

3.4 Diseño conceptual de la planta

VISTA A-A



VISTA B-B

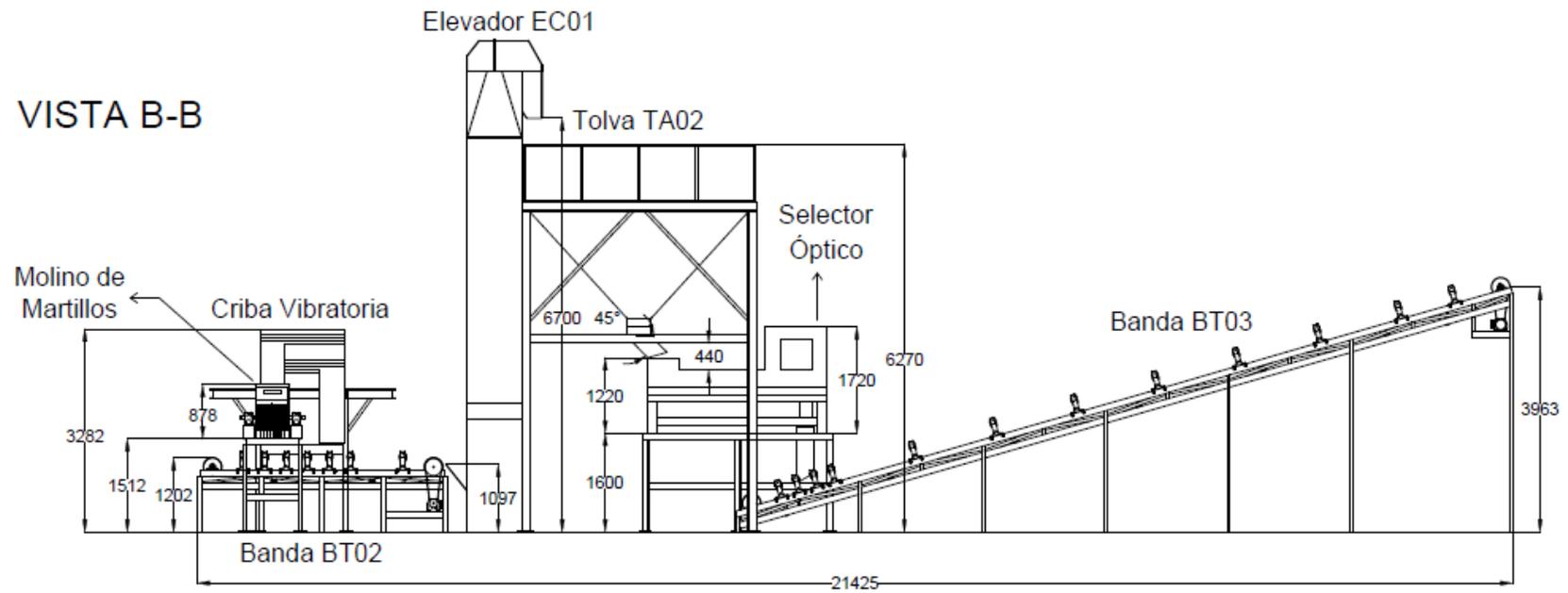


Figura 3.16 Diseño conceptual de la planta de producción [Fuente: Elaboración Propia]

3.5 Análisis de factibilidad financiera

3.5.1 Costos e ingresos

Tabla 3.8 Análisis: Características laborales y producción [Fuente: Elaboración Propia]

Nominación laboral de la planta	Cifra
Capacidad de diseño [T/h]	5.00
Días laborables al año	249
Horas laborables por día	8
Producción al año [T]	9960

Costos Directos

Estos fueron relacionados proporcionalmente con la iniciación y avance del proyecto, lo cuales concurren en los precios de las maquinarias, equipos, mano de obra, compra de material, bienes, terreno, construcción e infraestructura. Se considera aproximadamente 45 días de días de montaje, un asesoramiento legal y presupuesto para repuestos o equipos no previstos. Por otra parte, en el proyecto de investigación realizado por (Anilema Tarco & Matamoros Villafuerte, 2019) estimaron que la compra de vidrio desechado por tonelada está en un promedio de \$40 a \$60. Sin embargo, se consideró que el precio de adquisición sea de \$100 para agregar un valor al mercado nacional. Dando, un valor para los costos directos de \$1,749,725.60

Costos Indirectos

Estos costos se basaron en aquellas medidas exentas a cualquier función en la producción del calcín. Definiendo el pago al personal y los diferentes departamentos, además de una estimación del consumo eléctrico relacionado con las horas laborales y potencia de los equipos. Por último, un presupuesto por mes para el desarrollo de los diferentes mantenimientos; teniendo un total al año de \$418,978.78

Ingresos

Los ingresos permiten observar si el proyecto es viable, por tal motivo, se consideró el estudio realizado por Ecovidrio y Vidrala donde estimaron de manera teórica que el 30% de botellas recicladas pertenecientes al color blanco. La proyección realizada con este porcentaje fue vender el vidrio mixto a \$0.25 y el vidrio de color blanco a \$0.30. No obstante, cabe destacar que el valor presentado de ingreso es con un escenario de ventas del 75% al año, obteniendo un ingreso anual de \$1,979,550.00

3.5.2 Inversión Inicial

La inversión inicial data en la especificación de los costos consiguiendo la apertura del proyecto, con un resultado de \$ 2,168,704.38

3.5.3 Viabilidad del proyecto

La inversión inicial de los asociados abarcó en una aportación de \$500,000.00 y el sobrante por un préstamo bancario de 5 años, realizando una tabla de amortización y contemplar los pagos de la cuota, Tabla Apéndice 32. En los costos generales se consideró la adquisición de vidrio reciclado, la estimación de consumo de energía, el mantenimiento, los costos por personal de oficina, de planta y beneficios laborales. Luego, en la Tabla Apéndice 33 se manifestaron ciertas consideraciones para lograr una aproximación en la viabilidad del proyecto, arrojando un escenario positivo en los próximos 10 años, Tabla 3.12; al obtener una TIR del 37% mayor a la Tmar propuesta y un VPN positivo, siendo aceptable y rentable. A pesar de que se tiene una inversión inicial muy alta se debe conseguir un ingreso en el entorno manifestado o mayor a lo largo de los años.

Tabla 3.9 Análisis: Viabilidad del proyecto - Flujo de caja [Fuente: Elaboración Propia]

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$1,979,550.00	\$2,019,141.00	\$2,059,523.82	\$2,100,714.30	\$2,142,728.58	\$2,185,583.15	\$2,229,294.82	\$2,273,880.71	\$2,319,358.33	\$2,365,745.49	\$2,413,060.40
Costos	\$1,414,978.78	\$1,443,278.35	\$1,472,143.92	\$1,501,586.80	\$1,531,618.53	\$1,562,250.90	\$1,593,495.92	\$1,625,365.84	\$1,657,873.16	\$1,691,030.62	\$1,724,851.23
Depreciación	\$15,564.56	\$15,875.85	\$16,193.37	\$16,517.24	\$16,847.58	\$17,184.53	\$17,528.22	\$17,878.79	\$18,236.36	\$18,601.09	\$18,973.11
Intereses		\$155,189.51	\$129,413.03	\$101,239.34	\$70,445.50	\$36,787.83	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Utilidad antes de impuestos		\$404,797.29	\$441,773.50	\$481,370.92	\$523,816.97	\$569,359.89	\$618,270.67	\$630,636.09	\$643,248.81	\$656,113.78	\$669,236.06
Impuestos		\$48,575.67	\$53,012.82	\$57,764.51	\$62,858.04	\$68,323.19	\$74,192.48	\$75,676.33	\$77,189.86	\$78,733.65	\$80,308.33
Utilidad después de impuestos		\$356,221.62	\$388,760.68	\$423,606.41	\$460,958.93	\$501,036.70	\$544,078.19	\$554,959.76	\$566,058.95	\$577,380.13	\$588,927.73
Depreciación		\$15,875.85	\$16,193.37	\$16,517.24	\$16,847.58	\$17,184.53	\$17,528.22	\$17,878.79	\$18,236.36	\$18,601.09	\$18,973.11
Capital		\$277,166.41	\$302,942.89	\$331,116.58	\$361,910.42	\$395,568.09	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
VS											\$50,000.00
FNE	-\$500,000.00	\$94,931.06	\$102,011.16	\$109,007.07	\$115,896.10	\$172,653.15	\$561,606.41	\$572,838.54	\$584,295.31	\$595,981.22	\$607,900.84
VPN	\$1,424,067.92										
TIR	37%										

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se obtuvo un diseño eficiente y completo para una planta semi – continua trituradora de vidrio con una capacidad de 5 T/h, aprovechando los desechos de este material para su manejo como materia prima en otros procesos de producción, pudiendo definir los diferentes sistemas: alimentación, transporte, limpieza y extracción de impurezas, trituración, clasificación por tamaño y color. Adicionalmente, se consideró un aumento del 20% de la capacidad para el diseño de los sistemas de transporte evitando la formación del cuello de botella.
- Correspondiendo al sistema de transporte horizontal, se diseñaron tres bandas según la normativa CEMA, donde la banda BT01 compete al vidrio desechado con una densidad de 120 lb/ft³ y una capacidad de trabajo en la faja del 20%. Sin embargo, las bandas BT02 y BT03 trasladan el calcín con una densidad de 100 lb/ft³, con una capacidad de trabajo en la faja del 28%.
- En base a la norma UNE - ENV 2006 - Acciones en estructuras: Silos y Tolvas, se desarrolló el diseño de TA01 y TA02. La primera tolva tiene un volumen de almacenamiento de 6.51 m³ para alimentar a la planta por 2 h 30 min, al contrario de TA02, que con mayor capacidad (8.53 m³) otorga un lapso de producción para 2 h 44 min; en ambos equipos se consideró que el ángulo interior sea superior al ángulo de reposo del vidrio. El material de fabricación escogido para el cuerpo de la tolva es una lámina de 5 mm - 400 HB, ya que sus propiedades le permiten ser aplicado para el almacenamiento de materiales abrasivos; para los soportes estructurales se requiere acero A36.
- En el análisis realizado a las tolvas de alimentación mediante el software Ansys se obtuvo que los valores de deformación total y esfuerzos fluctuantes no superan el límite de fluencia de los materiales anteriormente mencionados, garantizando un factor de seguridad superior a 1.5 considerado durante el proceso de diseño.

- En el sistema de transporte vertical, el elevador de cangilones fue diseñado en parte a las recomendaciones del Catálogo de Martin. En la selección de sus elementos, como es el caso del cangilón, debe ser capaz de resistir la abrasividad del vidrio y facilitar la descarga centrifuga, por lo tanto, se requiere cangilones Estilo AA fabricado en Nylon Fundido, sujetos por Tornillos Norway a una banda 2 PLY 220.
- Cabe señalar que, para el sistema de limpieza y extracción de impurezas se seleccionó una banda transportadora magnética para impedir la presencia de materiales ferrosos en la línea de producción; su selección se desarrolló en base al ancho de la banda BT01. Consecuentemente, la criba vibratoria con una capa de clasificación permite separar el material con una granulometría máxima de 40 mm, el material restante es cedido al molino de martillos para reducir su tamaño de grano hasta los 30 mm. Finalmente, en el proceso de clasificación por color se implementa un selector óptico que por medio de 4 cámaras identifica y separa el casco de vidrio obteniendo 2 tonalidades: vidrio blanco y vidrio mixto (verde y topacio).
- En la consideración para la distribución de los equipos y diseño de forma de la planta se requirió conocer las dimensiones de la criba vibratoria, molino de martillos, y selector óptico, ya que fueron los limitantes para las alturas del elevador EC01, bandas transportadoras, y tolvas de alimentación.
- Se revisó los criterios de lanzamiento de la planta estableciendo un precedente para los próximos diez años, garantizando que el proyecto posea una rentabilidad positiva y viable. Sin embargo, el capital de inversión fue alto, lo que conlleva al riesgo solo si la tasa de venta estimada del producto no se logra dentro del plan propuesto.
- Con respecto a la capacidad de diseño se ofreció una producción teórica de las tonalidades del vidrio: 30% de vidrio blanco y 70% vidrio mixto, consolidando como cliente potencial a CRIDESA y empresas con ideas innovadoras donde su fabricación requiera una mezcla de SCC.
- Se analizó que, bajo el marco presentado, fue posible eximir al relleno sanitario de Guayaquil de los desechos de vidrio y posteriormente otorgarle una caracterización de residuos a la ciudad, beneficiando al medio ambiente, asegurando empleos, y dando un valor adicional al mercado nacional de reciclaje.

4.2 Recomendaciones

- Dentro del sistema de transporte horizontal se recomienda tener en cuenta que la carga sobre los rodillos no sobrepase a la nominal, además de escoger la velocidad de diseño acorde con la capacidad de trabajo.
- En el proceso de diseño de las tolvas de alimentación se debe seleccionar el coeficiente de fricción correspondiente al material que conforma el cuerpo para realizar un correcto análisis de las presiones internas cuando el equipo se encuentra cargado, además de mantener un ángulo interior superior al ángulo de reposo del vidrio.
- En el proceso de diseño del elevador de cangilones se debe definir correctamente la distancia entre centros, ya que permite definir la cantidad de cangilones y longitud de la banda; estos elementos deben ser capaces de soportar las características abrasivas del material.
- Por otra parte, si desea incurrir en la venta de granos menores a los 40 mm se debe considerar que la densidad del material no sobrepase tenga una disminución máxima del 30%. Si esto se cumple se debería cambiar las mallas de la criba vibratoria y el molino de martillo.
- Por otra parte, como la densidad del casco de vidrio se encuentra entre 80 y 100 lb/ft³, se puede incurrir en la venta de granos menores a los 40 mm, de ser el caso, en el proceso de producción únicamente se requiere cambiar las mallas de la criba vibratoria y el molino de martillo.

BIBLIOGRAFÍA

- 4B Components Limited. (2016). *Componentes para Elevadores de Cangilones: Diseñados para Aplicaciones Agrícolas e Industriales*. Morton: 4B Components Ltd. Obtenido de <https://www.go4b.com/usa/>
- Álvarez, C. (22 de Abril de 2010). ¿Por qué un suizo recicla el vidrio por colores? *El país, El periódico Global*.
- Anhui Hongshi Optoelectronic High-tech Co. (2021). *SL41 Color Sorter Machine*. Hefei: Hons+. Obtenido de <https://www.ccd-colorsorter.com/>
- Anhui Wenyao Intelligent Photoelectronic Technology Co. (2021). *RGB Glass CCD Belt Color Sorter*. Hefei: Wenyao Color Sorting Machine. Obtenido de <https://www.wenyaocolorsorter.com/>
- Anilema Tarco, M. M., & Matamoros Villafuerte, J. J. (2019). *Plan de Negocios para la Creación de una Empresa Recicladora de Vidrio en la Ciudad de Guayaquín*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Ashby, M. F. (2013). *Materials and the Environment (Second Edition)*. En *Chapter 15 - Material profiles* (págs. 459 - 595). Butterworth-Heinemann.
- Cajamarca, E., Bueno, W., & Jimbo, J. (2019). De cero a dinero: La basura como fuente principal para un negocio inclusivo de reciclaje en Cuenca (Ecuador). *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 71-87.
- Contitech. (2018). *Manual de Ingeniería - Bandas Transportadoras*. Conveyor Belt Group.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association. (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials*. Neponset: CEMA.
- DIPAC MANTA S.A. (2020). *Catálogo general de productos*. Guayaquil: DIPAC. Obtenido de <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- Ecovidrio. (25 de Enero de 2019). *Reciclar vidrio es cuidar el medioambiente*. Obtenido de Hablando en vidrio: <https://hablandoenvidrio.com/reciclar-vidrio-es-cuidar-el-medioambiente/>
- El Telégrafo. (2 de Agosto de 2019). Guayaquil tendrá 120 recolectores para la basura. Recuperado el 2021 de Noviembre de 4, de

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/2/guayaquil-recolectores-basura-puerto-limpio>

El Universo. (6 de Octubre de 2021). En el relleno sanitario Las Iguanas, en el noroeste de Guayaquil, se inauguró proyecto de captura y quema de biogás. (Comunidad, Ed.) Recuperado el 11 de Noviembre de 2021, de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/en-el-relleno-sanitario-las-iguanas-en-el-noroeste-de-guayaquil-se-inauguro-proyecto-de-captura-y-quema-de-biogas-nota/>

Flores-Alés, V., Jiménez-Bayarri, V., & Pérez-Fargallo, A. (2018). Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento. *ELSEVIER, España*, 257-265.

Freire, K. (2018). *Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Escuela Civil.

Fushun Ejet Magnetic Equipment Co.,Ltd. (2021). *Magnetic Conveyor Belt Quotation*. Liaoning: EJETMAGNET. Obtenido de <https://www.ejetmagnet.com/>

GoodYear. (2015). *Correas PLYLON/PLYLON EP*. Ciudad de México: GOODYEAR, Productos de Ingeniería.

Granda, F. (11 de 12 de 2020). *¿Cuánta basura producen los lojanos?* Obtenido de Primer Reporte: <https://blog.primerreporte.com/2020/12/11/cuanta-basura-producen-los-lojanos/>

Gupta, A., & Yan, D. (2016). *Mineral Processing Design and Operations* (Segunda ed.). Elsevier.

Hasanuzzaman, M., Rafferty, A., Sajjia, M., & Olabi, A.-G. (2016). *Properties of Glass Materials, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. Elsevier.

Henan Baichy Machinery Equipment Co. (2021). *Quotation for Hammer Crusher PC200X300*. Zhengzhou: Baichy. Obtenido de <https://www.baichy.com/>

Hidalgo, D., & Poveda, R. (2013). *Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Innovative Magnetic Technologies Inc. (2021). *Cross Belt & Overband Magnetic Separators*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2021, de <https://www.imt-inc.com/products/cross-belt-separators/>

INTERMEC S.A. (2016). *Catálogo de productos mecánicos para transmisión de potencia*. Bogotá: Intermec. Obtenido de <https://www.intermec.com.co/index.php>

IRR. (2015). Reciclaje Inclusivo y Recicladores de Base en el Ecuador. *Red Latinoamericanos de Recicladores*, 9.

J.C. Bamford Excavators Limited. (Marzo de 2015). *JCB*. (J. S. Limited, Ed.) Recuperado el 22 de Noviembre de 2021, de https://www.jcb.com/origin2017/~/_asset/14/13074.ashx

Jiangxi Shicheng Mine Machinery Factory. (2021). *Vibrating Screen Quotation*. Ganzhou: JXSC. Obtenido de <https://www.jxscmachine.com/>

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Ciudad de México: Pearson Educación.

Kratky, L., & Jirout, T. (2011). Biomass Size Reduction Machines for Enhancing Biogas Production. *Chemical Engineering Technology*, 391-399.

Lara Novilo, D., & Lescano, M. B. (11 de Mayo de 2020). Quito generó 600 toneladas diarias más de desechos durante la pandemia. *Plan V*.

Macarthur, E. (2016). *Intelligent Assets: Unlocking the Circular Economy Potential*. Ellen Macarthur Foundation.

Manrique, V. (4 de Noviembre de 2021). Reciclaje de Vidrio en la ciudad de Guayaquil. (N. Pérez, & C. Zúñiga, Entrevistadores) Videoconferencia. Guayaquil.

Martin Sprocket & Gear, Inc. (2013). *El Gran Catálogo 4000*. Arlington: Martin.

MUCON. (2020). Slide Valves. *Mucon- Schenck Process Group*, 6.

Nanjing Sinonine Heavy Industry Science & Technology Co. (2021). *Hammer Crusher Quotation*. Nankín: SINONINE. Obtenido de <https://www.sinoninetech.com/>

National Electrical Manufacturers Association. (2019). *Motors and Generators*. Arlington, Virginia: NEMA.

Neikov, O., Yefimov, N., & Naboychenko, S. (2019). *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders: Technologies and Applications*. Elsevier.

New Technology Network. (2004). *Rodamientos de Bolas y de Rodillos*. Illinois: NTN Corporation.

Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas: Un enfoque integrado* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación de México.

OPAC COMPONENTS. (2019). *DIN 6885 A*. Barcelona: OPAC COMPONENTS.

Proyecto: Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). (2010-2021). *Ministerio del Ambiente*.

- RINGSPANN. (2020). *Ruedas Libres*. Bad Homburg: Ringspann GMBH.
- Siegling Transilon. (2019). *Calculation Methods - Conveyor Belts*. Hannover: Forbo, Movement Systems.
- SIEMENS. (2015). *Simogear, Geared Motors*. PEFC, SIEMENS AG.
- Società Italiana Trasmissioni Industriali. (2019). *Catálogo general de reductores de engranajes*. Montevoglio: SITI S.p.A. Obtenido de <http://www.sitiriduttori.it/#/chHome>
- Telegrafo, E. (11 de Mayo de 2018). Loja recupera 80 mil kg de material reciclabe al año en su nueva planta. *Diario El Telegrafo*.
- Teojama Comercial. (2021). *Especificaciones Técnicas: Serie 500 - GH Volqueta - Modelo 1828*. Quito: HINO. Obtenido de www.teojama.com
- ULMA. (2018). Catálogo Técnico. *ULMA Conveyor Componentes*.
- UNE - ENV 1991-4. (2006). *Eurocode 1 - Actions on structures - Part 4: Silos and tanks*. CEN.
- Wang, X., Hongli, L., & Zhang, Y. (2015). Concentration Measurement of Dilute Pulverized Fuel Flow by Electrical Capacitance Tomography. *Instrumentation Science & Technology*(43).

APÉNDICES

APÉNDICE A

BANDA TRANSPORTADORA

A. CAPACIDAD DE RODILLO Y ANCHO DE BANDA

- **DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL**

En esta sección se ayuda con las especificaciones del código del material que se encuentran en el catálogo Martin.

Tabla Apéndice. 1 Banda BT01: Características y código del material [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

Clase	Característica del Material	Valor
Tamaño	Terrones: 16" y por debajo (0" a 16")	D ₁₆
Flujo	Fluido Promedio	3
Abrasividad	Abrasividad Extrema	7

Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra sílice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

* Los diseños de código conforman las características gráficas de los materiales a granel.

Figura Apéndice. 1: Banda BT01: Material - Fluidez, ángulo de sobrecarga y reposo [Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

En el caso del vidrio desechado se aproximó a una fluidez promedio 3 para obtener los ángulos de sobrecarga y de reposo mostrados en la Figura Apéndice 1.

- **ESTIMAR UNA VELOCIDAD PARA LA FAJA**

Para estimar la velocidad se considera una velocidad máxima de faja de 200 fpm, ya que el material es altamente abrasivo.

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina. □	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

Figura Apéndice. 2 Banda BT01: Velocidad máxima recomendada para la faja

[Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

- **RECOLECTAR LA INFORMACIÓN**

Se considera una velocidad de diseño de 50 fpm debido a que, si se colocaba mayores valores, la capacidad de transporte disminuía. Por otra parte, la capacidad de diseño es de 5 T/h, sin embargo, para evitar el cuello de botella en la producción de la planta se consideró un 20% como factor de seguridad. Por último, las dimensiones fueron consideradas de acuerdo con el diseño conceptual y ubicación de cada uno de los equipos.

Tabla Apéndice. 2 Banda BT01: Consideraciones de diseño [Fuente: Elaboración propia]

Consideraciones de diseño		
$\rho_{\text{vidrio desechado}} = 120 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$	$Q_n = 6 \frac{\text{T}}{\text{h}}$	$H = 12.3 \text{ ft}$
$\alpha_{\text{sobrecarga}} = 20^\circ$ $\alpha_{\text{reposo}} = 30^\circ$	$V_{\text{diseño}} = 50 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$	$L = 44.624 \text{ ft}$

▪ **DETERMINAR LA CAPACIDAD EN FT³/H**

$$Q_d = \frac{Q_n \cdot 2000}{\rho_{\text{vidrio, desecho}}}$$

$$Q_d = \frac{6.0 \frac{\text{T}}{\text{h}} \cdot 2000}{120.0 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}$$

$$Q_d = 100.0 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

▪ **DETERMINAR LA CAPACIDAD EQUIVALENTE A 100 FPM EN FT³/H**

$$Q_e = \frac{Q_d \cdot 100}{V_{\text{diseño}}}$$

$$Q_e = \frac{100.0 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \cdot 100 \text{ fpm}}{50 \text{ fpm}}$$

$$Q_e = 100.0 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \cdot 2$$

$$Q_e = 200.0 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

▪ **DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA NOMINAL EN LOS RODILLOS**

En esta sección se determina la capacidad de los rodillos en base al ángulo de sobrecarga y las artesas (20°, 30° y 45°) donde su valor es el siguiente:

$$Q_r = 1005 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Ancho de la faja (pulg)	A ₁ – Sección transversal de carga (pie ²)						Capacidad en 100 PPM (pie ³ /Hr)							
	Angulo de sobrecarga						Angulo de sobrecarga							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.089	0.108	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	537	653	769	886	1005	1128	1254
24	0.173	0.209	0.246	0.283	0.320	0.359	0.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394
30	0.284	0.343	0.402	0.462	0.522	0.585	0.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897
36	0.423	0.509	0.596	0.684	0.774	0.866	0.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765
42	0.588	0.708	0.828	0.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997
48	0.781	0.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	40522	12057	13621	15223	16876
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466

Figura Apéndice. 3 Banda BT01: Capacidades y sección de carga en los rodillos
[Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

Luego de establecer la capacidad nominal de los rodillos se procede a calcular que la capacidad equivalente no sobrepase el 75% del nominal.

$$\%_{\text{capacidad}} = \frac{Q_e}{Q_r} \cdot 100$$

$$\%_{\text{capacidad}} = \frac{100.0 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}}{1005 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}} \cdot 100$$

$$\%_{\text{capacidad}} = 20\%$$

Como no sobrepasa se procede escoger el ancho de banda de la faja, obteniendo un valor de **b=18 in.**

Ya escogido el ancho de banda se destaca el espaciamento de los rodillos

$$S_i = 4.5 \text{ ft} \rightarrow S_o = 10 \text{ ft}$$

Tabla Apéndice. 3 Banda BT01: Espaciamento de los rodillos de carga y retorno
[Fuente: (Contitech, 2018)]

Ancho de la faja [in]	Espaciamento de rodillos [ft]		Rodillos de retorno [ft]
	Peso del material [lb/ft ³]		
	100	125	
18	5	4.5	10

- SELECCIONAR EL DIÁMETRO DE LOS RODILLOS EN BASE AL SERVICIO

Tabla Apéndice. 4 Banda BT01: Clasificación del rodillo [Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

Clasificación	# de serie de la matriz	Diámetro del rodillo [in]	Descripción
C4	III	4	Servicio medio

A continuación, se desarrolló el elemento en 3D con las dimensiones del catálogo técnico (ULMA, 2018) del rodillo de impacto, abarquillado y de retorno en base a la normativa CEMA C4.

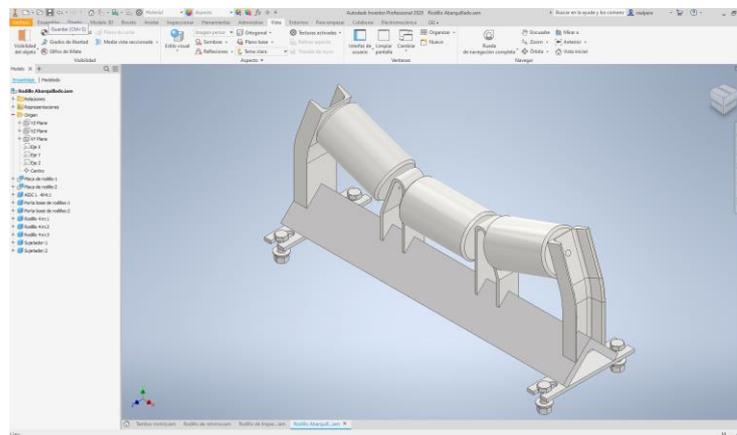


Figura Apéndice. 4 Banda BT01: Vista isométrica del rodillo abarquillado 20° [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

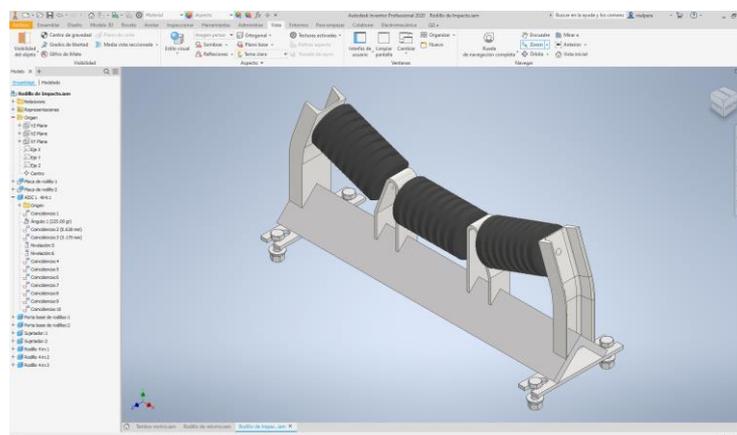


Figura Apéndice. 5 Banda BT01: Vista isométrica del rodillo de impacto 20° [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

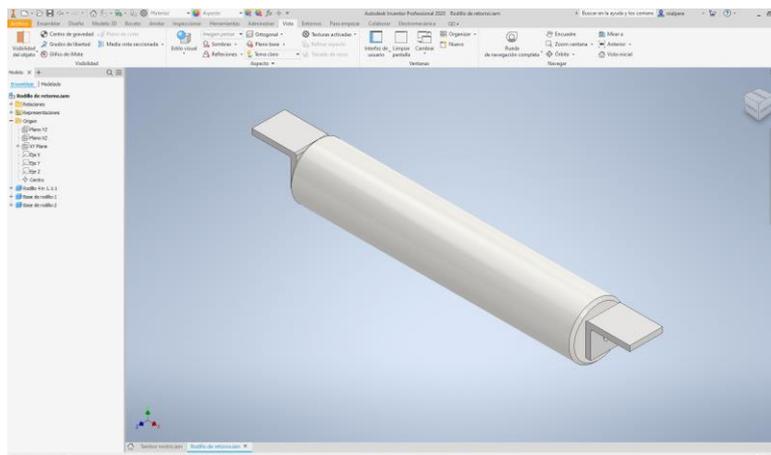


Figura Apéndice. 6 Banda BT01: Vista isométrica del rodillo de retorno [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

B. POTENCIA DEL MOTOR

- ESTIMAR EL PESO DE LA FAJA

Tabla Apéndice. 5 Banda BT01: Peso de la faja [Fuente: (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005)]

Ancho de la banda [in]	Peso del material transportado [lb/ft ³]	Estimación del peso de la faja [lb/ft]
18	75-129	$W_b = 4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$

- ESTIMAR EL PESO DEL MATERIAL POR UNIDAD DE LONGITUD DE LA CINTA

$$W_m = \frac{2000 \cdot 1.1023 \cdot Q_n}{60 \cdot V_{\text{diseño}}}$$

$$W_m = \frac{2000 \cdot 1.1023 \cdot 6 \frac{\text{T}}{\text{h}}}{60 \cdot 50 \frac{\text{ft}}{\text{min}}}$$

$$W_m = \frac{13227.6 \frac{\text{T}}{\text{h}}}{3000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}}$$

$$W_m = 4.409 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

- **CALCULAR LOS FACTORES PARA LA TENSION EFECTIVA**

Dentro de las recomendaciones de CEMA cuando se opera a una temperatura mayor a 30°F, el factor de temperatura es igual a uno. Para calcular el factor de la fuerza de fricción/rodillos y resistencia entre faja/rodillo se debe considerar una tensión mínima de acuerdo con el tamaño de rodillo para superar la fricción y la inercia de este, la cual es de 2.3 lb (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005). Con esto, el factor es el siguiente:

$$K_x = 0.00068 \cdot (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}$$

$$K_x = 0.00068 \cdot \left(4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} + 3.674 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right) + \frac{2.3 \text{ lb}}{4.5 \text{ ft}}$$

$$K_x = 0.00068 \cdot \left(7.674 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right) + 0.51 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$K_x = 0.5168 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

Por último, para calcular factor de resistencia de la faja y de la carga en flexión se considera la suma de los pesos de la faja y del material transportado en relación con la longitud y altura de traslado, obteniendo un valor conservador de 0.031 (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005).

Tabla Apéndice. 6 Banda BT01: Factor de servicio para la tensión efectiva [Fuente: Elaboración propia]

Kt	Kx [lb/ft]	Ky
1	0.516	0.031

- **CALCULAR LA TENSION DE RESISTENCIA DE LA POLEA**

En este caso, se implementará una polea motriz, de cola y una de retorno. Además, para ser conservador CEMA recomienda 200 lb para la polea motriz y las dos siguientes de 150 lb, dando un resultado de:

$$T_p = 500 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA TENSIÓN DE ACELERACIÓN DEL MATERIAL**

$$T_{am} = \frac{2000 \cdot 1.1023 \cdot Q_n}{3600 \cdot 32.2} \cdot \frac{(V - V_0)}{60}$$

$$T_{am} = \frac{2000 \cdot 1.1023 \cdot 6 \frac{T}{h}}{3600 \cdot 32.2} \cdot \frac{(50 - 0) \frac{ft}{min}}{60}$$

$$T_{am} = \frac{2000 \cdot 1.1023 \cdot 6 \frac{T}{h}}{3600 \cdot 32.2} \cdot \frac{50 \frac{ft}{min}}{60}$$

$$T_{am} = 0.095 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA TENSIÓN DE LOS ACCESORIOS**

Se considera dos limpiadores, cada uno cerca de los tambores. Según (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005) se debe considerar un peso de 5 lb por cada pulgada de ancho de banda, quedando lo siguiente:

$$T_{ac} = 5 \cdot b$$

$$T_{ac} = 5 \frac{lb}{in} \cdot 18 \text{ in}$$

$$T_{ac} = 180 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA TENSIÓN EFECTIVA**

$$T_A = L \cdot K_t \cdot [K_x + W_b \cdot (K_y + 0.015)]$$

$$T_A = 44.624 \text{ ft} \cdot \left[0.5168 \frac{lb}{ft} + 4 \frac{lb}{ft} \cdot (0.031 + 0.015) \right]$$

$$T_A = 31.27 \text{ lb}$$

$$T_B = W_m \cdot (K_y \cdot L + H)$$

$$T_B = 4.409 \frac{lb}{ft} \cdot (0.031 \cdot 44.624 + 12.3) \text{ ft}$$

$$T_B = 60.33 \text{ lb}$$

$$T_e = T_A + T_B + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

$$T_e = 31.27 \text{ lb} + 60.33 \text{ lb} + 500 \text{ lb} + 0.095 \text{ lb} + 180 \text{ lb}$$

$$T_e = 771.70 \text{ lb}$$

- **ESCOGER LA TENSIÓN DE LADO FLOJO**
 - **CALCULAR TENSIÓN PARA UNA POTENCIA ACEPTABLE**

$$T_{2n} = 4.2 \cdot S_i \cdot (W_b + W_m) + H \cdot W_b - 0.015 \cdot W_b \cdot K_t \cdot L$$

$$T_{2n} = 4.2 \cdot 4.5 \text{ ft} \cdot (4 + 3.674) \frac{\text{lb}}{\text{ft}} + 12.3 \text{ ft} \cdot 4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} - 0.015 \cdot 4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot 44.624 \text{ ft}$$

$$T_{2n} = 205.46 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA TENSIÓN PARA EVITAR DERRAMES:**

Para aplicaciones de vidrio, la polea deber ser de cubierta. Por otra parte, (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2005) recomienda un ángulo de 210 ° cuando se implementa una polea de contacto.

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	SENSOR DE TORNILLO		SENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.67
160°	Recta	1.4	0.9	0.9	0.60
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.55
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.50
190°	De contacto	1.1	0.7	0.77	0.45
200°	De contacto	1	0.7	0.72	0.42
210°	De contacto	1	0.7	0.67	0.38
220°	De contacto	0.9	0.6	0.62	0.35
230°	De contacto	0.9	0.6	0.58	0.32
240°	De contacto	0.8	0.6	0.54	0.30
340°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.29	0.143
360°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.26	0.125
380°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.23	0.108
400°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.21	0.095
420°	Tandem o Dual	0.4	0.3	0.19	0.084
440°	Tandem o Dual	-	-	0.17	0.074
460°	Tandem o Dual	-	-	0.15	0.064
480°	Tandem o Dual	-	-	0.14	0.056

Figura Apéndice. 7 Banda BT01: Factores de transmisión para evitar derrames

[Fuente: (Contitech, 2018)]

$$T_{2n1} = C_w \cdot T_e$$

$$T_{2n1} = 0.7 \cdot 771.7 \text{ lb}$$

$$T_{2n1} = 540.19 \text{ lb}$$

Se escoge la mayor, por ende:

$$T_2 = 540.19 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA TENSIÓN DE LADO TENSO**

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 771.7 \text{ lb} + 540.19 \text{ lb}$$

$$T_1 = 1311.9 \text{ lb}$$

- **CALCULAR LA POTENCIA SISTEMA**

$$P_s = \left(\frac{T_e \cdot V}{33000} + \frac{2000 \cdot V}{33000} \right) \cdot 1.05$$

$$P_s = \left(\frac{771.7 \text{ lb}}{33000} + \frac{2000 \text{ lb}}{33000} \right) \cdot 50 \frac{\text{ft}}{\text{min}} \cdot 1.05$$

$$P_s = 4.41 \text{ hp}$$

- **CALCULAR LA POTENCIA DEL MOTOR**

En esta sección, la transmisión de potencia está prevista por medio de bandas y poleas conjunto con un motorreductor. Las eficiencias para cada uno son del 94%, cabe destacar que la eficiencia del motorreductor es porque se va a implementar un reductor helicoidal.

$$P_m = \frac{P_s}{n_m \cdot n_t}$$

$$P_m = \frac{4.41 \text{ hp}}{0.8 \cdot 0.94 \cdot 0.94}$$

$$P_m = 6.238 \text{ hp}$$

Se escoge una potencia de 7.5 hp. Además, se considera un motor jaula de ardilla y cerrado con 1200 rpm, dando un FRAME de 254 T según (NEMA,2019).

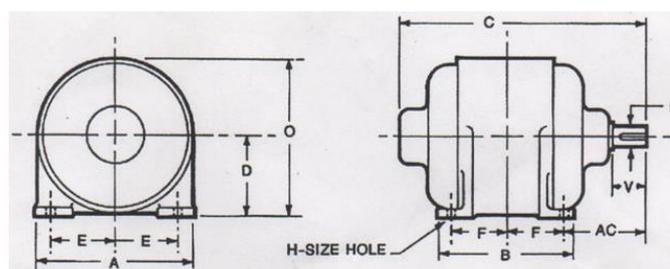


Figura Apéndice. 8 Banda BT01: Dimensiones generales del motor [Fuente: (National Electrical Manufacturers Association, 2019)]

Motor Frame	H.P. (Open)			H.P. (Enclosed)				A Max.	B Max.	C (Approx.)		D	E	F	H	O (Approx.)		U	Keyway	V Min.	AC	Bolts		Wt. (Approx.)		
	900	1200	1800	3600	900	1200	1800			3600	Open					Encl.	Open					Encl.	Dia.	Lg.	Open	Encl.
143T	1/2	3/4	1	1 1/2	1/2	3/4	1	1 1/2	7	6	12	12 1/2	3 1/2	2 3/4	2	1 1/2	6 7/8	7	7/8	3/16 x 3/32	2	4 1/2	1/4		40	45
145T	3/4	1	1 1/2	2	3/4	1	1 1/2	2	7	6	12 1/2	13 1/2	3 3/4	2 3/4	2 3/4	1 1/2	6 7/8	7	7/8	3/16 x 3/32	2	4 1/2	1/4		45	50
182T	1	1 1/2	3	5	1	1 1/2	3	3	9	6 1/2	13	14 1/2	4 1/2	3 3/4	2 1/4	1 1/2	9 1/8	9 1/4	1 1/8	1/4 x 1/8	2 1/2	5 1/2	5/16	1	65	79
184T	1 1/2	2	5	7 1/2	1 1/2	2	5	5	9	7 1/2	14	15 1/2	4 1/2	3 3/4	2 3/4	1 3/2	9 1/8	9 1/4	1 1/8	1/4 x 1/8	2 1/2	5 1/2	5/16	1	80	95
213T	2	3	7 1/2	10	2	3	7 1/2	7 1/2	10 1/2	7 1/2	16	18	5 1/4	4 1/4	2 3/4	1 3/2	10 3/4	10 7/8	1 3/8	5/16 x 3/32	3 1/8	6 7/8	5/16	1	120	140
215T	3	5	10	15	3	5	10	10	10 1/2	9	17 1/2	19 1/2	5 1/4	4 1/4	3 3/4	1 3/2	10 3/4	10 7/8	1 3/8	5/16 x 3/32	3 1/8	6 7/8	5/16	1	140	160
254T	5	7 1/2	15	20	5	7 1/2	15	15	12 1/2	10 3/4	20 1/2	22 1/2	6 1/4	5	4 1/8	1 7/2	12 5/8	12 3/4	1 5/8	3/8 x 3/16	3 3/4	8 1/4	3/8	1 1/4	200	235
256T	7 1/2	10	20	25	7 1/2	10	20	20	12 1/2	12 1/2	22 1/2	24	6 1/4	5	5	1 7/2	12 5/8	12 3/4	1 5/8	3/8 x 3/16	3 3/4	8 1/4	3/8	1 1/4	235	270

Figura Apéndice. 9 Banda BT01: Selección del motor [Fuente: (National Electrical Manufacturers Association, 2019)]

C. DIÁMETRO DE POLEA MOTRIZ

Se debe considerar que el material transportado es altamente abrasivo por lo que el recubrimiento adecuado según la norma DIN sería A5.

Tabla Apéndice. 7 Banda BT01: Datos para el diámetro motriz [Fuente: Elaboración propia]

Consideraciones de diseño		
C=20 in	$\alpha_c=210^\circ$	$C_3 = 25 \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$

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

Figura Apéndice. 10 Banda BT01: Factor de servicio para el diámetro mínimo motriz [Fuente: (Siegling Transilon, 2019)]

$$D_{tmin} = \frac{C_3 \cdot T_1 \cdot 180}{b \cdot \alpha_c}$$

$$D_{tmin} = \frac{25 \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \cdot 1311.9 \text{ lb} \times \frac{4.448 \text{ N}}{1 \text{ lb}} \cdot 180^\circ}{18 \text{ in} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}} \cdot 210^\circ}$$

$$D_{tmin} = 273.5 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ in}}{25.4 \text{ mm}} \rightarrow D_{tmin} = 10.75 \text{ in}$$

Diámetro (A)	Número de Parte	Ancho de Cara (C)	Buje	Barreno Máximo	Claro de Montaje (B)*	Recubrimiento	Peso. Aprox. (lb)
6	CSD06020X25L3H	20	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	34
6	CSD06032X25L3H	32	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	52
8	CSD08026X25L3H	26	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	61
8	CSD08032X25L3H	32	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	47
10	CSD10026X25L3H	26	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	86
10	CSD10026X30L3H	26	MXT30	3	7/8	3/8	85
10	CSD10032X25L3H	32	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	104
10	CSD10044X25L3H	44	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	133
10	CSD10044X30L3H	44	MXT30	3	7/8	3/8	136
10	CSD10051X30L3H	51	MXT30	3	7/8	3/8	149
12	CSD12020X25L3H	20	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	104
12	CSD12026X25L3H	26	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	112
12	CSD12026X30L3H	26	MXT30	3	7/8	3/8	110
12	CSD12026X30L4H	26	MXT30	3	7/8	1/2	111
12	CSD12032X25L3H	32	MXT25	2 1/2	3/4	3/8	135

Figura Apéndice. 11 Banda BT01: Tambores de servicio estándar recubiertos [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

Número de Parte		Barreno Máx. (Pulg.)	Dimensiones				Pernos		Peso Promedio (lb)	Barrenos en Existencia Estándar		Torque (lb - pulg.)
Fundición / Hierro Dúctil	Acero		LTB (L)	Ancho de Brida (B)	Brida (DE)	Círculo de Barrenos (CB)	No.	Tamaño		Barrenos en Existencia (Pulgadas)	Cuñero	
MXT15	MXT-STL15	1 1/2	1 1/8	3/8	2 1/8	2 1/8	4	1/4 x 1	0.7	3/8, 3/4, 7/8 1, 1 1/8, 1 3/8, 1 1/4 1 7/8, 1 1/2	3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 3/8 x 1/8*	8
MXT20	MXT-STL20	2	1 13/32	15/32	3/4	3 3/8	4	5/16 x 1 1/4	1.5	3/4 1, 1 1/8, 1 1/4 1 1/8, 1 1/2, 1 1 1/8 1 5/8, 2	3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 3/8 x 3/8 1/2 x 3/8*	17
MXT25	MXT-STL25	2 1/2	1 7/8	5/8	4 7/8	3 3/4	4	3/8 x 1 3/4	2.6	1, 1 1/8, 1 1/4 1 1/8, 1 1/2, 1 1 1/8 1 5/8, 2, 2 3/8 2 1/8	1/4 x 1/8 3/8 x 3/8 1/2 x 1/4 5/8 x 1/8*	29
MXT30	MXT-STL30	3	2 1/8	1 1/8	5 5/8	4 9/8	4	7/8 x 1 1/2	4.2	1 1/8, 1 1/2 1 5/8, 2 3/8 2 1/8, 2 1/2, 2 1 1/8 2 3/8	3/8 x 3/8 1/2 x 1/4 5/8 x 3/8 3/4 x 3/8*	46

Figura Apéndice. 12 Banda BT01: Bujes para el tambor motriz [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

D. DISEÑO DE EJE

Tabla Apéndice. 8 Banda BT01: Datos para el diámetro del eje [Fuente: Elaboración propia]

Consideraciones de diseño			
B = 26 in	$W_{\text{tambor}} = 104 \text{ lb}$	Acero 1045 Rolado en caliente	$D_t = 12 \text{ in}$
Maquinado	$\eta_{F.S} = 2$	$C_f = 90\%$	T = 30 °C

- **ESTIMAR EL PESO TOTAL**

$$W_t = (W_b + W_m) \cdot (D_t + b) + W_{\text{tambor}}$$

$$W_t = (4 + 4.409) \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot (12 + 8) \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} + 104 \text{ lb}$$

$$W_t = 125.02 \text{ lb}$$

- **ESTIMAR EL TORQUE**

$$T_t = \frac{T_1 \cdot D_t}{2}$$

$$T_t = \frac{1311.9 \text{ lb} \cdot 12 \text{ in}}{2}$$

$$T_t = 7871.35 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

- **ESTIMAR LA MAGNITUD DEL MOMENTO**

$$M_t = \sqrt{\left(\frac{W_t}{2} \cdot \frac{B}{2}\right)^2 + \left(\frac{T_1}{2} \cdot \frac{B}{2}\right)^2}$$

$$M_t = \sqrt{\left(\frac{125.02 \text{ lb}}{2} \cdot \frac{26 \text{ in}}{2}\right)^2 + \left(\frac{1311.9 \text{ lb}}{2} \cdot \frac{26 \text{ in}}{2}\right)^2}$$

$$M_t = 8565.94 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

- **ESTIMAR EL DIÁMETRO DEL EJE**

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot \eta_{F.S.}}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{1.5 \cdot M_t}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot T_t}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{1.5 \cdot 8565.94 \text{ lb-in}}{20718.33 \text{ Psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot 7871.35 \text{ lb-in}}{82000 \text{ Psi}} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d \approx 2.34 \text{ in} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}}$$

$$d \approx 60 \text{ mm}$$

E. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

▪ ESTIMAR LA MAGNITUD DEL MOMENTO

$$M_{t1} = \sqrt{\left(\frac{W_t}{2} \cdot 3\right)^2 + \left(\frac{T_1}{2} \cdot 3\right)^2}$$
$$M_{t1} = \sqrt{\left(\frac{125.02 \text{ lb}}{2} \cdot 3 \text{ in}\right)^2 + \left(\frac{1311.9 \text{ lb}}{2} \cdot 3 \text{ in}\right)^2}$$
$$M_{t1} = 1976.75 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

▪ ESTIMAR EL DIÁMETRO DEL EJE

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot \eta_{F.S}}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{1.5 \cdot M_{t1}}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot T_t}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}}$$
$$d = \left\{ \frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{1.5 \cdot 1976.75 \text{ lb} \cdot \text{in}}{20718.33 \text{ Psi}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot 7871.35 \text{ lb} \cdot \text{in}}{82000 \text{ Psi}} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}}$$
$$d \approx 1.56 \text{ in} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}}$$
$$d \approx 40 \text{ mm}$$

▪ ESTIMAR LA CARGA RADIAL

$$P_r = 4.2 \cdot S_i \cdot (W_b + W_m) + T_1$$
$$P_r = 4.2 \cdot 4.5 \text{ ft} \cdot (4 + 3.674) \frac{\text{lb}}{\text{ft}} + 1311.892 \text{ lb}$$
$$P_r = 1574.83 \text{ lb}$$

▪ ESCOGER EL RODAMIENTO ADECUADO

Se considera un rodamiento de bola y de vida requerida de 8000 h, dado que es un transportador de uso constante durante las 8 horas al día (New Technology Network, 2004).

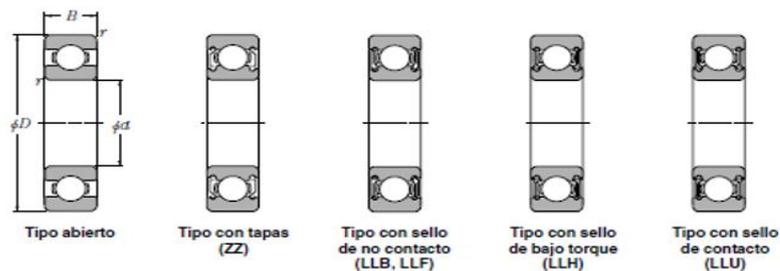
Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) L_{10h} $\times 10^3$ h				
	~4	4~12	12~30	30~60	60~
Máquinas usadas por períodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones domésticas • Herramientas de mano eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria agrícola • Equipos de oficina 			
Utilización durante períodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos médicos • Instrumentos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de acondicionadores de aire residenciales • Equipos de construcc. • Elevadores • Grúas 	<ul style="list-style-type: none"> • Grúas (Poleas) 		
Máquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan por períodos largos.	<ul style="list-style-type: none"> • Automóviles • Vehículos de dos ruedas 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores pequeños • Buses/camiones • Transmisiones de engranes en general • Máquinas madereras 	<ul style="list-style-type: none"> • Husillos de máquinas • Motores industriales • Trituradores • Cribas vibratorias 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisiones de engranes principales • Máquinas de caucho/plástico • Rodillos de calandrias • Máquinas de impresión 	
Máquinas en constante uso durante las 8 horas del día.		<ul style="list-style-type: none"> • Laminadores • Escaleras eléctricas • Transportadores • Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejes de vehículos ferroviarios • Acondicionadores de aire • Motores grandes • Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejes de locomotoras • Motores de tracción • Elevadores mineros • Volantes a presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas de fabricación de papel • Equipos de propulsión para barcos
24 horas de operación continua, no interrumpible.					<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de abastecimiento de agua • Bombas de drenaje/ventiladores para minería • Equipos para generación de potencia

Figura Apéndice. 13 Banda BT01: Selección del servicio para los rodamientos [Fuente: (New Technology Network, 2004)]

$$C_r = P_r \cdot \frac{4.448}{1000} \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10} \cdot 60 \cdot N}{10^6}}$$

$$C_r = 1574.826 \text{ lb} \times \frac{4.448 \text{ N}}{1 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} \cdot \sqrt[3]{\frac{8000 \text{ h} \cdot 60 \cdot 8 \text{ rpm}}{10^6}}$$

$$C_r = 10.97 \text{ kN}$$



α	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor f_s	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm		r.p.m.		kN		kgf			grasa		aceite		tipo abierto	con tapas	con sello de contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
	D	B	$r_{\text{ext}}^{(1)}$	$r_{\text{int}}^{(1)}$	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	tipo abierto	LLB	Z LB	LLH	LLU					
40	52	7	0.3	0.3	5.10	4.40	520	445	16.3	12 000	14 000	—	6 700	6808	ZZ	LLB	—	LLU
	62	12	0.6	0.5	12.2	8.90	1 240	910	15.8	11 000	13 000	—	6 300	6908	ZZ	LLB	—	LLU
	68	9	0.3	—	12.6	9.65	1 290	985	16.0	10 000	12 000	—	—	16008	—	—	—	—
	68	15	1	0.5	16.8	11.5	1 710	1 170	15.2	10 000	12 000	7 300	6 100	6008	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	18	1.1	0.5	29.1	17.8	2 970	1 820	14.0	8 700	10 000	6 700	5 600	6208	ZZ	LLB	LLH	LLU
	90	23	1.5	0.5	40.5	24.0	4 150	2 450	13.2	7 800	9 200	6 400	5 300	6308	ZZ	LLB	LLH	LLU
	110	27	2	—	63.5	36.5	6 500	3 750	12.3	7 000	8 200	—	—	6408	—	—	—	—

Figura Apéndice. 14 Banda BT01: Selección de los rodamientos de bola [Fuente: (New Technology Network, 2004)]

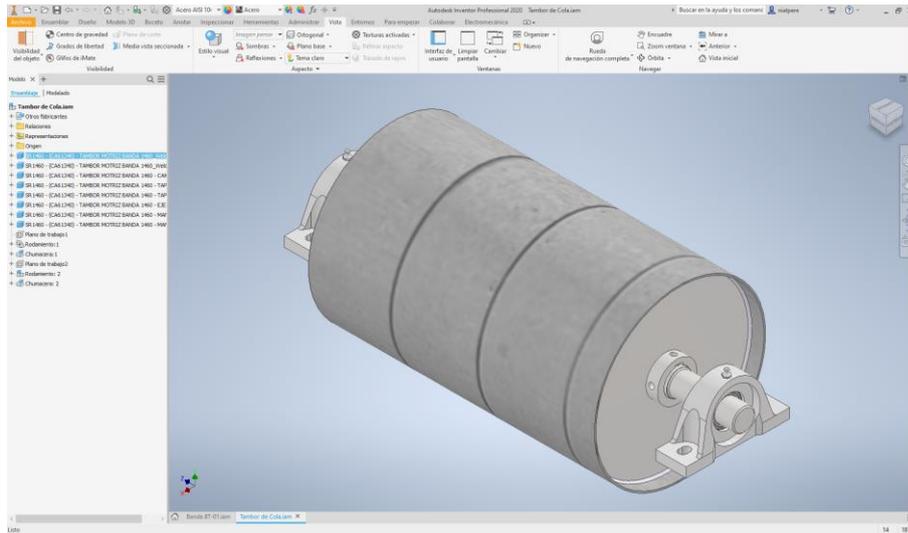


Figura Apéndice. 15 Banda BT01: Vista isométrica del tambor de cola [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

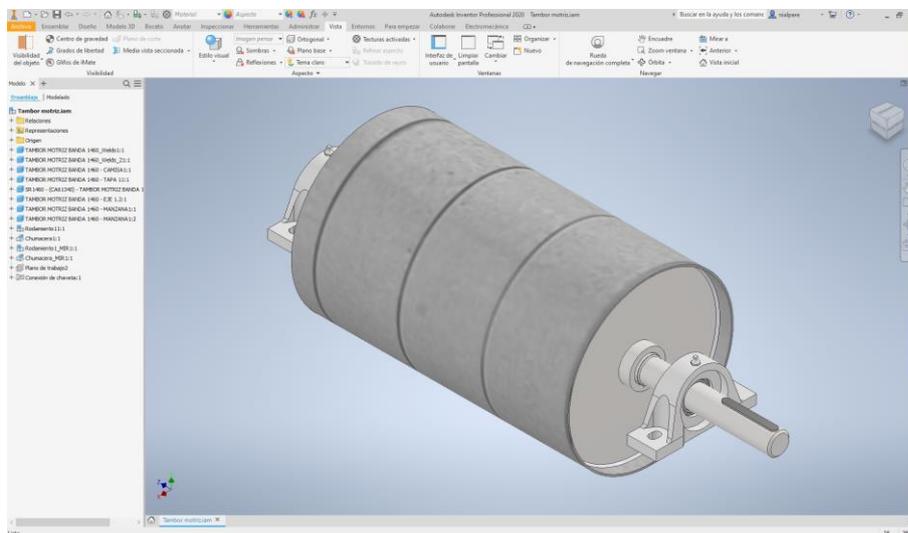


Figura Apéndice. 16 Banda BT01: Vista isométrica del tambor de motriz [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

F. TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Tabla Apéndice. 9 Banda BT01: Datos para la transmisión de potencia [Fuente: Elaboración propia]

Consideraciones de diseño			
Trabajo de 8 h/día	$N_{\text{motor}} = 1160 \text{ rpm}$	Servicio Continuo	$N_{\text{reduc}} = 18 \text{ rpm}$

SELECCIONAR MOTOR

Size	Motor	P_{rated} kW	n_{rated} rpm	T_{rated} Nm	I_{rated} A	$\cos \varphi$ -	η %	I_{st}/I_{rated}		Article No.				Order code Number of poles
								460 V	3/4 load	Data position				
6-pole, 1 200 rpm at 60 Hz, 50 Hz power														
80	LE80MD6E	0.37	1 140	3.1	0.98	0.63	75.30	74.10	4.60	D	C	2	2	P01
	LE80MK6E	0.55	1 135	4.63	1.47	0.61	77.00	77.50	5.20	D	F	2	2	P01
90	LE90SH6E	0.75	1 145	6.25	1.98	0.65	73.00	O. R.	4.50	E	C	2	2	P01
	LE90LLB6E	1.10	1 145	9.17	2.80	0.66	75.00	O. R.	4.80	E	P	2	2	P01
100	LE100LLB6E	1.50	1 175	12.2	3.15	0.69	86.50	86.30	6.40	F	P	2	2	P01
112	LE112ME6E	2.20	1 170	18	4.30	0.73	87.50	87.30	6.30	G	H	2	2	P01
132	LE132SC6E	3.00	1 175	24.4	6.20	0.69	87.50	87.10	6.00	H	F	2	2	P01
	LE132MB6E	3.70	1 180	29.9	7.50	0.71	87.50	87.50	6.20	H	H	2	2	P01
	LE132MJ6E	5.50	1 175	44.7	10.60	0.73	89.50	89.80	6.50	H	L	2	2	P01
160	LE160ML6E	7.50	1 180	60.7	14.40	0.73	89.50	89.60	5.40	J	H	2	2	P01
	LE160LL6E	11.00	1 180	89	20.50	0.74	90.20	90.50	5.50	J	V	2	2	P01

Figura Apéndice. 17 Banda BT01: Listado de motores para el motorreductor [Fuente: (SIEMENS, 2015)]

SELECCIONAR EL REDUCTOR

$$i = \frac{N_{motor}}{N_{reduc}}$$

$$i = \frac{1160 \text{ rpm}}{18 \text{ rpm}}$$

$$i = 64.44$$

P_{rated} kW	n_2 rpm	T_2 Nm	i -	F_{R2} N	f_B -	m kg	Article No. (Article No. supplement → below)	Order code No. of poles
5.5	D.149-LE132SF4E							
	7.5	7 000	195.24	51 600	1.1	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ R1	
	8.3	6 310	176.18	52 000	1.3	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ Q1	
	9.4	5 590	156.11	52 300	1.4	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ P1	
	11	4 950	138.26	52 600	1.6	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ N1	
	12	4 410	123.04	52 900	1.8	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ M1	
	13	3 950	110.26	53 100	2.0	287	2KJ3212 - ■ HG22 - ■ ■ L1	
	D.109-LE132SF4E							
	14	3 820	106.70	20 000	0.81	138	2KJ3210 - ■ HG22 - ■ ■ G1	
	15	3 410	95.28	20 200	0.91	138	2KJ3210 - ■ HG22 - ■ ■ F1	
	17	3 010	84.21	20 200	1.0	138	2KJ3210 - ■ HG22 - ■ ■ E1	
	20	2 650	73.90	20 200	1.2	138	2KJ3210 - ■ HG22 - ■ ■ D1	
	23	2 300	64.34	20 200	1.3	138	2KJ3210 - ■ HG22 - ■ ■ C1	

Figura Apéndice. 18 Banda BT01: Listado de motorreductores [Fuente: (SIEMENS, 2015)]

▪ ESTIMAR LAS REVOLUCIONES DEL TAMBOR MOTRIZ

$$N = \frac{V}{D_t}$$

$$N = \frac{50 \frac{\text{ft}}{\text{min}}}{12 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \cdot \pi \text{ rad}}$$

$$N \approx 8 \text{ rpm}$$

▪ ESTIMAR LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE LAS BANDAS Y POLEAS

$$R_v = \frac{N_{\text{reduc}}}{N}$$

$$R_v = \frac{18 \text{ rpm}}{8 \text{ rpm}}$$

$$R_v \approx 2.24$$

▪ CALCULAR LA POTENCIA DE DISEÑO

$$P_{\text{diseño}} = F_s \cdot P_o$$

$$P_{\text{diseño}} = 1.3 \cdot 7.5 \text{ hp}$$

$$P_{\text{diseño}} = 9.75 \text{ hp}$$

FACTORES DE SERVICIOS TÍPICOS						
TIPOS DE MÁQUINAS DE TRANSMISIÓN	TIPOS DE UNIDADES MOTRICES					
Los tipos de máquinas impulsadas aquí listadas son solo una muestra representativa. Seleccione el equipo que se aproxime más a su aplicación. SI SE UTILIZAN RUEDAS LOCAS, AÑADA LO SIGUIENTE AL FACTOR DE SERVICIO: Rueda Loca en el lado suelto (adentro) Ninguno Rueda Loca en el lado suelto (afuera) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (adentro) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (afuera) 0.2	MOTORES ELÉCTRICOS AC Torque Normal Jaula de Ardilla y Sincrono AC Fase Dividida DC Devanado en Derivación Motores de Combustión Interna			MOTORES ELÉCTRICOS AC Alto Torque AC Hi-Fase Dividida AC Repulsión-Inducción AC Monofásico Devanado en Serie AC Anillo de Deslizamiento DC Devanado Compuesto		
	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para Líquidos Sopladores y Aspiradoras Bombas Centrífugas y Compresoras Ventiladores hasta 10 HP Transportadores de Trabajo Ligero	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Transportadores de Banda para arena, grano, etc. Amasadora Ventiladores de más de 10 HP Generadores Ejes de Línea Máquinas de Lavandería Máquinas-Herramientas Taladros, Prensas, Cortadores Máquinas de Imprenta Bombas Rotatorias de Desplazamiento Positivo Cribas Giratorias y Vibratorias	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4

Figura Apéndice. 19 Banda BT01: Factor de servicio selección de banda [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

- ESCOGER EL TIPO DE BANDA Y EL DIÁMETRO MÍNIMO DE LA POLEA IMPULSORA

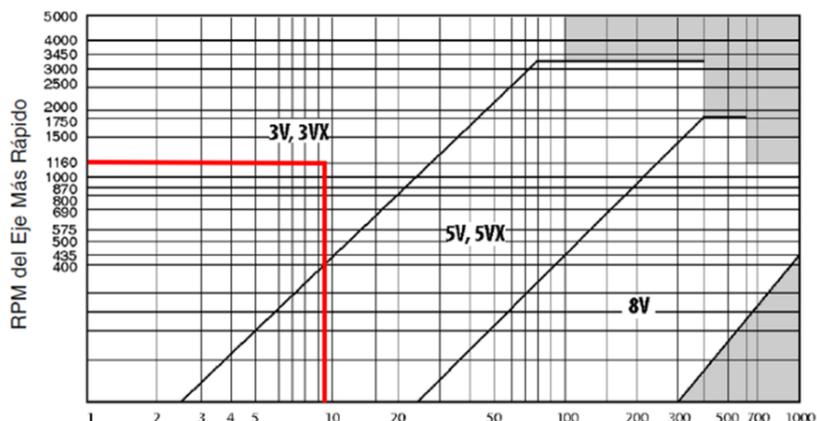


Figura Apéndice. 20 Banda BT01: Selección de bandas de alta capacidad [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00

Figura Apéndice. 21 Banda BT01: Diámetro mínimo de la polea impulsora [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

- ESCOGER LA BANDA ADECUADA

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda							
			3500 RPM Motriz		1750 RPM Motriz		1160 RPM Motriz		870 RPM Motriz	
	Motriz D.E.	Impuls. D.E.	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX
2.19	2.20	4.75	1601	2.91	801	1.66	531	1.18	398	0.92
2.19	3.00	6.50	1601	5.47	800	3.04	531	2.12	398	1.65
2.21	3.15	6.90	1584	5.93	792	3.30	525	2.30	394	1.78
2.21	3.65	8.00	1585	7.45	792	4.14	525	2.88	394	2.22
2.24	4.75	10.60	1559	10.60	780	5.95	517	4.13	388	3.19

Figura Apéndice. 22 Banda BT01: Especificaciones de la banda [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco															Combinación de Poleas		Relación de Velocidad
Designación de Largo de Banda 3VX															Motriz D.E.	Impulsada D.E.	
600	630	670	710	800	850	900	950	1000	1060	1120	1180	1250	1320	1400			
24.5	26.0	28.0	30.0	34.5	37.0	39.5	42.0	44.5	47.5	50.5	53.5	57.0	60.5	64.5	2.20	4.75	2.19
22.5	24.0	26.0	28.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.5	48.5	51.5	55.0	58.5	62.5	3.00	6.50	2.19
22.0	23.5	25.5	27.5	32.1	34.6	37.1	39.6	42.1	45.1	48.1	51.1	54.6	58.1	62.1	3.15	6.90	2.21
20.7	22.2	24.3	26.3	30.8	33.3	35.8	38.3	40.8	43.8	46.8	49.8	53.3	56.8	60.8	3.65	8.00	2.21
17.7	19.2	21.2	23.3	27.8	30.3	32.8	35.3	37.8	40.8	43.8	46.9	50.4	53.9	57.9	4.75	10.60	2.24
0.98	0.99	1.00	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14			

Figura Apéndice. 23 Banda BT01: Factor de corrección por longitud y arco [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013)]

▪ DETERMINAR LA CANTIDAD DE BANDAS

$$\#Bandas = \frac{P_{diseño}}{\frac{HP}{banda} \cdot L_c}$$

$$\#Bandas = \frac{9.75 \text{ hp}}{4.13 \frac{\text{hp}}{\text{banda}} \cdot 1.0 \text{ banda}}$$

$$\#Bandas = \frac{9.75 \text{ hp}}{4.13 \text{ hp}}$$

$$\#Bandas \approx 3$$

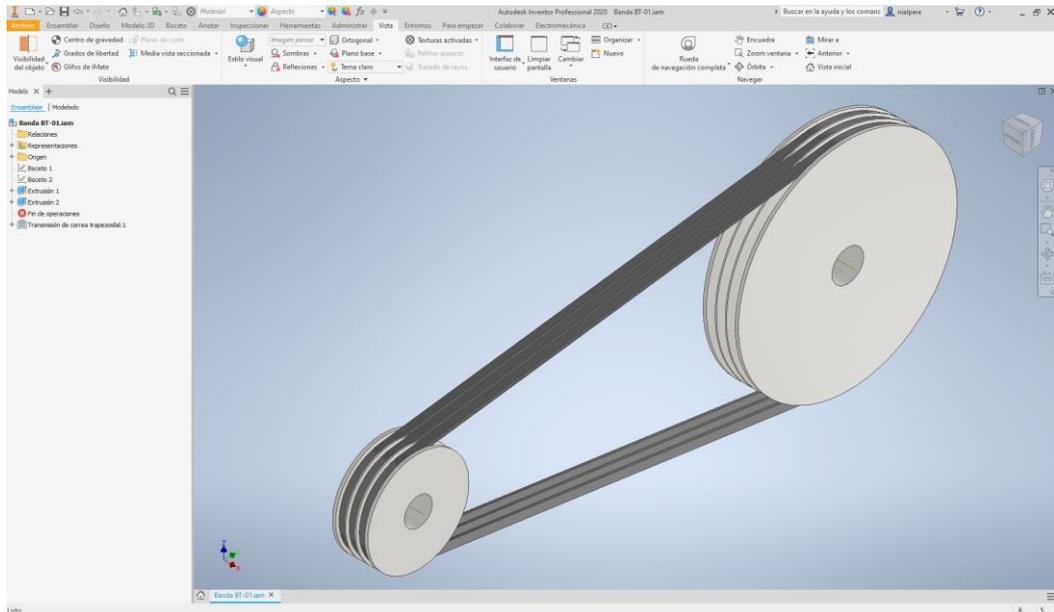


Figura Apéndice. 24 Banda BT01: Vista isométrica de bandas y poleas [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

G. SELECCIÓN DE BANDA

- DETERMINAR LA TENSIÓN UNITARIA POR LONGITUD DE BANDA

$$PIW = 1.75 \cdot \frac{T_1}{b}$$

$$PIW = 1.75 \cdot \frac{1311.9 \text{ lb}}{18 \text{ in}}$$

$$PIW = 127.55 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Tipo PLYLON®		EP 250/2	EP 400/3	EP 500/4
Número de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	23,0	35,0	46,0
	lb/pul de ancho	131,0	200,0	263,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	25,0	40,0	50,0
	lb/pul de ancho	143,0	228,0	286,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	3,0	4,7	6,4
	Lb/ft2	0,6	0,9	1,3
Peso de Cubierta 1/32 pul				
Espesor B o stacker	Kg/m2	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	2,1	3,3	4,5
	pul	0,1	0,1	0,2
Indice de impacto	Lb -pul	3200	4700	5400

Figura Apéndice. 25 Banda BT01: Especificaciones de la banda tipo PLYLON

[Fuente: (GoodYear, 2015)]

H. ANTIRRETORNO

- DETERMINAR SI EL SISTEMA NECESITA ANTIRRETORNO

$$H \cdot W_m \geq \frac{T_A + W_b \cdot L \cdot K_y}{2}$$

$$12.3 \text{ ft} \cdot 4.409 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \geq \frac{31.27 \text{ lb} + 4.0 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot (0.031 \cdot 44.624 \text{ ft})}{2}$$

$$54.23 \text{ lb} \geq 18.69 \text{ lb}$$

Si se necesita antirretorno

▪ ESTIMAR EL TORQUE DE ANTIRRETORNO

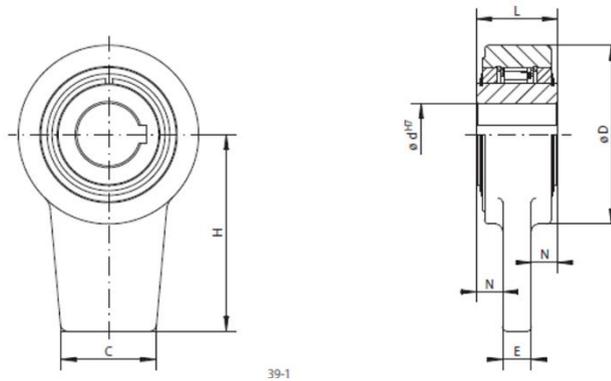
$$M_a = 1.75 \cdot \frac{D_t}{2} \cdot \left\{ H \cdot W_m - \frac{L \cdot [K_x + W_b \cdot (K_y + 0.015)] + W_b \cdot L \cdot K_y}{2} \right\}$$

$$M_a = 1.75 \cdot \frac{12 \text{ in}}{2} \cdot \{54.23 \text{ lb} - 18.69 \text{ lb}\}$$

$$M_a = 373.24 \text{ lb} \cdot \text{in} \times \frac{4.448 \text{ N}}{1 \text{ lb}} \times \frac{0.00254 \text{ m}}{1 \text{ in}}$$

$$M_a = 42.17 \text{ N} \cdot \text{m}$$

▪ ESTIMAR LA RUEDA LIBRE PARA EL ANTIRRETORNO



Rueda libre	Tipo	Par nominal M _N Nm	Revoluciones máx. Aro interior gira libre min ⁻¹	Tipo	Par nominal M _N Nm	Revoluciones máx. Aro interior gira libre min ⁻¹	Diámetro d		C mm	D mm	E mm	H mm	L mm	N mm	Peso kg
							Estándar mm	máx. mm							
FA 37	SF	230	250	SFT	230	500	20	25*	35	76	12	90	35	11,5	1,0
FA 57	SF	630	170	SFT	630	340	40	42*	50	100	16	125	45	14,5	2,5
FA 82	SF	1600	130	SFT	1600	260	50	65*	60	140	18	160	60	21,0	5,5
FA 107	SF	2500	90	SFT	2500	180	70	85*	80	170	20	180	65	22,5	8,5

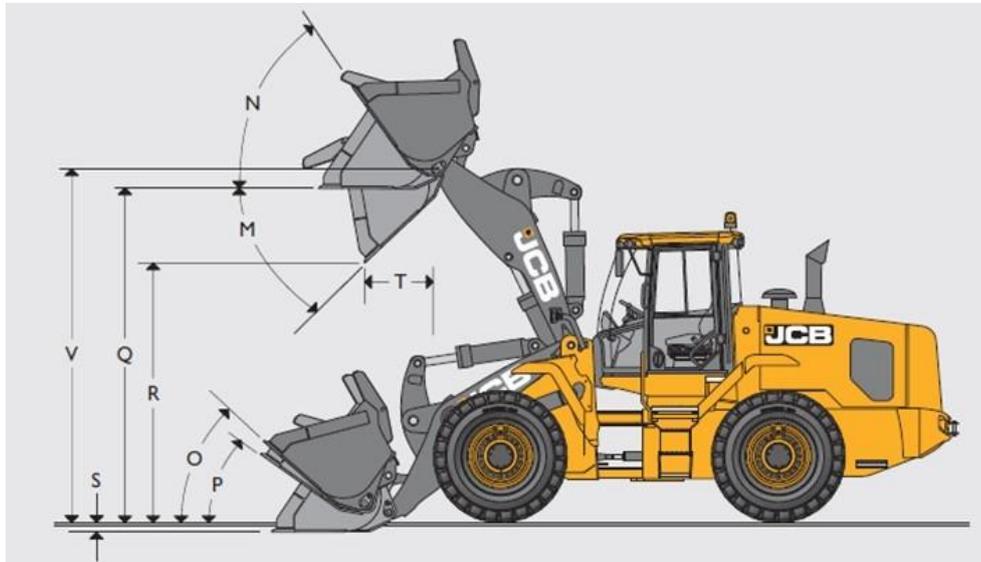
Figura Apéndice. 26 Banda BT01: Dimensiones de la rueda libre para el antirretorno

[Fuente: (RINGSPANN, 2020)]

APÉNDICE B

DISEÑO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN TA01

SELECCIÓN DEL CARGADOR



DIMENSIONES DEL CARGADOR

Montaje del balde		Directo
Tipo de balde		Uso general
Equipo del balde		Penetración de dientes inclinados
Capacidad del balde (SAE colmada)	m ³	3,1
Capacidad del balde (enrasada)	m ³	2791
Ancho del balde	mm	2800
Peso del balde	kg	1613
Densidad máxima del material	kg/m ³	1790
Carga de vuelco recta	kg	12.276
Giro completo de carga de vuelco	kg	11.100
Carga útil	kg	5550
Fuerza máxima de rompimiento	kN	164
M Ángulo máximo de descarga	grados	45
N Ángulo de recogida en altura completa	grados	67
O Recogida en transporte	grados	45
P Recogida a nivel del suelo	grados	39
Q Altura de carga	mm	3822
R Altura de descarga (descarga en 45°)	mm	2741
S Profundidad de excavación	mm	74
T Alcance en altura de descarga	mm	1183
V Altura del pasador	mm	4107
Alcance máximo (descarga en 45°) con brazo horizontal	mm	2140
Peso operativo (incluye a operador de 80 kg y tanque de combustible lleno (incluye tanque auxiliar))	kg	17.880

Figura Apéndice. 27 Cargador: Especificaciones - Modelo JCB 455ZX [Fuente: (J.C. Bamford Excavators Limited, 2015, pág. 15)]

- **DETERMINAR LA DENSIDAD DEL MATERIAL**

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material
Tierra para molde de fundición	76	C1/2-36
Trebol en semilla	45-48	B6-25N
Trigo	45-48	C1/2-25N
Trigo sarraceno	37-42	B6-25N
Trigo, gérmen	18-28	B6-25
Trigo, grano Quebrado	40-45	B6-25N
Trigo, harina	33-40	A40-45LP
Urea en grano, con recubrimiento	43-46	B6-25
Uva, pulpa de	15-20	D3-45U
Vermiculita, expandida	16	C1/2-35Y
Vermiculita mineral	80	D3-36
Vidrio a granel	80-100	C1/2-37
Vidrio, pedazos finos	80-120	C1/2-37
Vidrio, pedazos, desperdicio	80-120	D16-37
Viruta de acero, compactada	100-150	D3-46VV
Viruta de Bronce	30-50	B6-45
Yeso, calcinado	55-60	B6-35U
Yeso, calcinado, en polvo	60-80	A100-35U
Yeso, crudo 1"	70-80	D3-25
Zinc, residuos Concentrados	75-80	B6-37

Figura Apéndice. 28 Tolva TA01: Densidades acorde al material [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 15)]

- **DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA TOLVA PARA UNA HORA**

$$V_{\text{tolva-hora}} = \frac{\text{Capacidad hora}}{\rho_{\text{vidrio desechado}}}$$

$$V_{\text{tolva-hora}} = \frac{5.0 \frac{\text{T}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ T}}}{120 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \times \left(\frac{3.28 \text{ ft}}{1 \text{ m}}\right)^3}$$

$$V_{\text{tolva-hora}} = 2.60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- **DETERMINAR EL VOLUMEN TEÓRICO DE LA TOLVA**

$$V_{\text{tolva-teórico}} = V_{\text{tolva-hora}} \cdot \text{Horas alimentación}$$

$$V_{\text{tolva-teórico}} = 2.60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 3 \text{ h}$$

$$V_{\text{tolva-teórico}} = 7.80 \text{ m}^3$$

▪ **DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LA TOLVA**

Área de salida

$$A_{\text{sal.}} = b \cdot b$$

$$A_{\text{sal.}} = 18 \text{ in} \cdot 18 \text{ in} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}} \right)^2$$

$$A_{\text{sal.}} = 0.20 \text{ m}^2$$

Área de entrada

$$V_{\text{tolva-teórico}} = \frac{h}{3} \cdot (A_{\text{ent.}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{\text{ent.}} \cdot A_{\text{sal.}}})$$

$$A_{\text{ent.}} = \frac{-h^2 \cdot A_2 + 6 \cdot V_{\text{tolva-teórico}} \cdot h - \sqrt{-3 \cdot h^4 \cdot A_{\text{sal.}}^2 + 12 \cdot V_{\text{tolva-teórico}} \cdot h^3 \cdot A_{\text{sal.}}}}{2 \cdot h^2}$$

$$Ex_1 = \sqrt{-3 \cdot h^4 \cdot A_2^2 + 12 \cdot V_{\text{tolva-teórico}} \cdot h^3 \cdot A_{\text{sal.}}}$$

$$Ex_1 = \sqrt{-3 \cdot (1.8 \text{ m})^4 \cdot (0.20 \text{ m}^2)^2 + 12 \cdot 7.80 \text{ m}^3 \cdot (1.8 \text{ m})^3 \cdot 0.20 \text{ m}^2}$$

$$Ex_1 = 10.38 \text{ m}^4$$

$$A_{\text{ent.}} = \frac{-h^2 \cdot A_2 + 6 \cdot V_{\text{tolva-teórico}} \cdot h - Ex_1}{2 \cdot h^2}$$

$$A_{\text{ent.}} = \frac{-(1.8 \text{ m})^2 \cdot 0.20 \text{ m}^2 + 6 \cdot 7.80 \text{ m}^3 \cdot 1.8 \text{ m} - 10.38 \text{ m}^4}{2 \cdot (1.8 \text{ m})^2}$$

$$A_{\text{ent.}} = 11.29 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ent.}} = (\text{Ancho}_{\text{pala}} + 0.5 \text{ m}) \cdot (\text{Largo}_{\text{pala}} + x')$$

$$x' = \frac{A_{\text{ent.}}}{\text{Ancho}_{\text{pala}} + 0.5 \text{ m}} - \text{Largo}_{\text{pala}}$$

$$x' = \frac{11.29 \text{ m}^2}{2.8 \text{ m} + 0.5 \text{ m}} - 2 \text{ m}$$

$$x' = 1.42 \text{ m}$$

Dimensiones

$$A_{\text{entrada}}: A_{\text{ent.}} = \begin{cases} L_{1\text{-ent.}} = 3.4 \text{ m} \\ L_{2\text{-ent.}} = 3.3 \text{ m} \end{cases} ; A_{\text{salida}}: A_{\text{sal.}} = \begin{cases} L_{1\text{-sal.}} = 0.46 \text{ m} \\ L_{2\text{-sal.}} = 0.46 \text{ m} \end{cases} ; \text{Altura: } h = 1.8$$

▪ DETERMINAR LAS PRESIONES EN LA TOLVA

Type of particulate solid ^{d,e}	Unit weight ^b		Angle of repose ϕ_r	Angle of internal friction ϕ_i			Lateral pressure ratio K		Wall friction coefficient ^c μ ($\mu = \tan \phi_w$)			Patch load solid reference factor C_{op}
	γ_f	γ_u		ϕ_m	a_ϕ	K_m	a_K	Wall type D1	Wall type D2	Wall type D3	a_μ	
	Lower	Upper	Mean	Factor	Mean	Factor	Mean	Mean	Mean	Factor		
	kN/m ³	kN/m ³	degrees	degrees								
Default material ^a	6.0	22.0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0

Figura Apéndice. 29 Tolva TA01: Propiedades para las partículas sólidas [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 99)]

Punto más bajo de la superficie

$$h_o = \frac{L_{2-ent.}}{4} \cdot \tan(\phi_{reposito}) \rightarrow h_o = \frac{3.3 \text{ m}}{4} \cdot \tan(30^\circ) \rightarrow h_o = 0.476 \text{ m}$$

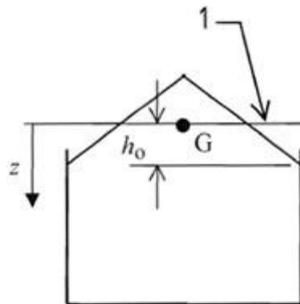


Figura Apéndice. 30 Tolva TA01: Punto más bajo de la superficie [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 70)]

Profundidad característica de Janssen

$$\frac{A}{U} = \frac{\frac{L_{2-ent.}}{2}}{1 + \frac{L_{2-ent.}}{L_{1-ent.}}} \rightarrow \frac{A}{U} = \frac{\frac{3.3 \text{ m}}{2}}{1 + \frac{3.3 \text{ m}}{3.4 \text{ m}}} \rightarrow \frac{A}{U} = 0.84 \text{ m}$$

$$K = a_k \cdot K_m \rightarrow K = 1.5 \cdot 0.50 \rightarrow K = 0.75$$

$$\mu = \mu_k \cdot D_3 \rightarrow \mu = 1.4 \cdot 0.50 \rightarrow \mu = 0.70$$

$$z_o = \frac{1}{K \cdot \mu} \cdot \frac{A}{U} \rightarrow z_o = \frac{1}{0.75 \cdot 0.70} \cdot 0.84 \text{ m} \rightarrow z_o = 1.60 \text{ m}$$

Exponente en relación con la presión

$$n = -(1 + \tan(\phi_{\text{reposo}})) \cdot \left(1 - \frac{h_o}{z_o}\right)$$

$$n = -(1 + \tan(30^\circ)) \cdot \left(1 - \frac{0.476 \text{ m}}{1.60 \text{ m}}\right)$$

$$n = -1.11$$

Profundidad para el análisis de la presión

$$z_v = h_o - \frac{1}{n+1} \cdot \left[z_o - h_o - \frac{(z + z_o - 2 \cdot h_o)^{n+1}}{(z_o - h_o)^n} \right]$$

$$z_v = 0.476 \text{ m} - \frac{1}{-1.11 + 1} \cdot \left[1.60 \text{ m} - 0.476 \text{ m} - \frac{(1.8 \text{ m} + 1.60 \text{ m} - 2 \cdot 0.476 \text{ m})^{-1.11+1}}{(1.60 \text{ m} - 0.476 \text{ m})^{-1.11}} \right]$$

$$z_v = 1.315 \text{ m}$$

Presión ejercida en la tolva por el material

$$p_{vft} = \gamma \cdot z_v$$

$$p_{vft} = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.315 \text{ m}$$

$$p_{vft} = 7.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

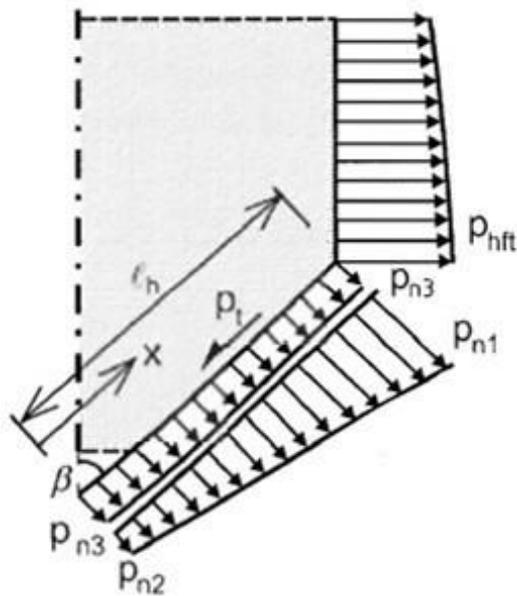


Figura Apéndice. 31 Tolva TA01: Presiones cuando la tolva se encuentra llena [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 103)]

Presión en las paredes con la tolva llena

$$p_{n1} = p_{vft} \cdot (C_b \cdot \sin(\beta)^2 + \cos(\beta)^2)$$

$$p_{n1} = 7.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (1.6 \cdot \sin(38)^2 + \cos(38)^2)$$

$$p_{n1} = 9.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{n2} = p_{vft} \cdot C_b \cdot \sin(\beta)^2$$

$$p_{n2} = 7.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.6 \cdot \sin(38)^2$$

$$p_{n2} = 4.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{n3} = 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma \cdot K}{\sqrt{\mu}} \cdot \cos(\beta)^2$$

$$p_{n3} = 3 \cdot 0.84 \text{ m} \cdot \frac{6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.75}{\sqrt{0.70}} \cdot \cos(38)^2$$

$$p_{n3} = 8.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Expresión para la presión en las paredes

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \cdot \frac{x}{l_h}$$

$$p_n = 8.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 4.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \left(9.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 4.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{x}{2.33 \text{ m}}$$

$$p_n = 8.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 4.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \left(4.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{x}{2.33 \text{ m}}$$

$$p_n = 13.20 + 2.10 \cdot x \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

▪ **DETERMINAR EL VOLUMEN REAL QUE ALMACENARÁ LA TOLVA**

Volumen almacenado dentro de la tolva

$$A_{@1.5 \text{ m}} = L_{1-@1.5 \text{ m}} \cdot L_{2-@1.5 \text{ m}}$$

$$A_{@1.5 \text{ m}} = 2.81 \text{ m} \cdot 2.91 \text{ m}$$

$$A_{@1.5 \text{ m}} = 8.18 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{h_{\text{llenado}}}{3} \cdot (A_{@ 1.5 \text{ m}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{@ 1.5 \text{ m}} \cdot A_{\text{sal.}}})$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{1.5 \text{ m}}{3} \cdot (8.18 \text{ m}^2 + 0.20 \text{ m}^2 + \sqrt{8.18 \text{ m}^2 \cdot 0.20 \text{ m}^2})$$

$$V_{\text{tolva}} = 4.83 \text{ m}^3$$

Volumen del pilo fuera de la tolva

$$h_{\text{cono}} = \frac{L_{1-@ 1.5 \text{ m}}}{2} \cdot \tan(\phi_{\text{reposo}})$$

$$h_{\text{cono}} = \frac{2.81 \text{ m}}{2} \cdot \tan(30^\circ)$$

$$h_{\text{cono}} = 0.81 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{L_{1-@ 1.5 \text{ m}}}{2}\right)^2 \cdot h_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{2.81 \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 0.81 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = 1.68 \text{ m}^3$$

Volumen real del material en la tolva

$$V_{\text{tolva-real}} = V_{\text{tolva}} + V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{tolva-real}} = 4.83 \text{ m}^3 + 1.68 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tolva-real}} = 6.51 \text{ m}^3$$

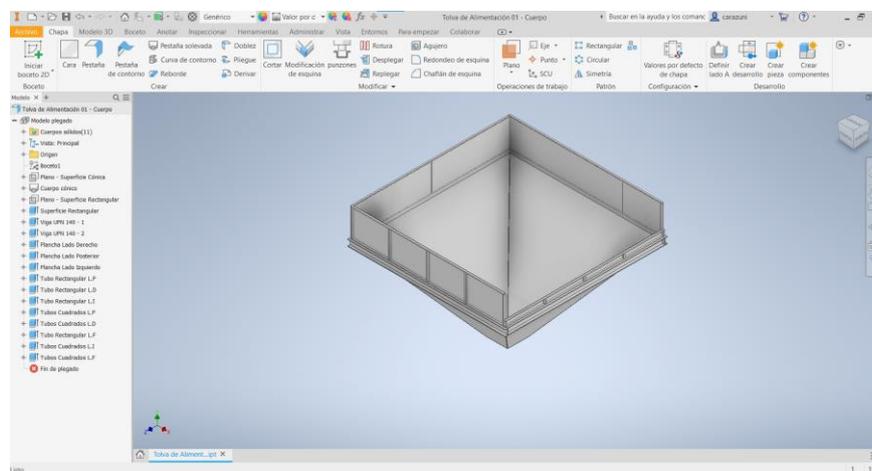


Figura Apéndice. 32 Tolva TA01: Cuerpo - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

▪ **DETERMINAR LAS HORAS DE ALIMENTACIÓN REAL A LA PLANTA**

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = \frac{V_{\text{tolva-real}}}{V_{\text{tolva-hora}}}$$

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = \frac{6.51 \text{ m}^3}{2.60 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = 2.50 \text{ h}$$

▪ **DETERMINAR LA MASA DE LA TOLVA**

$$m_{\text{tolva-estructura}} = V_{\text{tolva-estructura}} \cdot \rho_{\text{material}}$$

$$m_{\text{tolva-estructura}} = 188.46 \text{ m}^3 \cdot 7.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{tolva-estructura}} = 1479.41 \text{ kg}$$

▪ **DETERMINAR EL PESO A SOPORTAR POR LA ESTRUCTURA**

$$W_{\text{tolva}} = (V_{\text{tolva-real}} + m_{\text{tolva-estructura}}) \cdot g \cdot \eta_{F.S}$$

$$W_{\text{tolva}} = \left(6.51 \text{ m}^3 \times \frac{0.984 \text{ T}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ T}} + 1479.41 \text{ kg} \right) \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.5$$

$$W_{\text{tolva}} = 116.04 \text{ kN}$$



Especificaciones Generales:

Calidad:	Plancha aleada
Dureza:	400 HB y 500 HB
Espesores:	En 400 HB de 5mm a 20mm En 500 HB de 12mm a 25mm
Dimensiones:	2000 x 6000

* Oxicortes según medidas específicas (oxicortes se realizarán de acuerdo a la disponibilidad del producto)

Descripción:

- Mayor resistencia a la corrosión que otros aceros al carbono.
- Disponible en presentación de Acero Negro, dureza 400HB y 500HB.
- Formato estándar de 2000 x 6000 mm.
- Útil para elementos de movimiento de tierra, minerales y materiales abrasivos tales como tolvas de volquetes, cucharas de máquinas cargadoras, etc.

Figura Apéndice. 33 Tolva TA01: Cuerpo - Selección del material [Fuente: (DIPAC MANTA S.A., 2020, pág. 20)]

APÉNDICE C

SELECCIÓN DE LA VÁLVULA PIN GATE - TOLVA TA01

- HALLAR LA FUERZA DE SALIDA

$$F_{\text{Pin-Gate}} = V_{\text{tolva-real}} \cdot \rho_{\text{vidrio desechado}} \cdot g \cdot \eta_{\text{F.S}}$$

$$F_{\text{Pin-Gate}} = 6.51 \text{ m}^3 \cdot \left[120 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \times \left(\frac{3.28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} \right)^3 \right] \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.5$$

$$F_{\text{Pin-Gate}} = 184.383 \text{ kN}$$

- DETERMINAR EL ÁREA DE TRABAJO

$$A_{\text{trabajo}} = \frac{\eta_{\text{F.S}} \cdot F_{\text{Pin-Gate}}}{S_y}$$

$$A_{\text{trabajo}} = \frac{1.5 \cdot 184.383 \text{ kN}}{250 \text{ MPa}}$$

$$A_{\text{trabajo}} = 1106.3 \text{ mm}^2$$

- SELECCIONAR LA VALVULA PIN GATE

$$L_{\text{válvula}} > L_{\text{salida}} > L_{\text{trabajo}}$$

$$L_{\text{válvula}} > 460 \text{ mm} > \sqrt{1106.3 \text{ mm}^2}$$

$$L_{\text{válvula}} > 460 \text{ mm} > 33.26 \text{ mm}$$

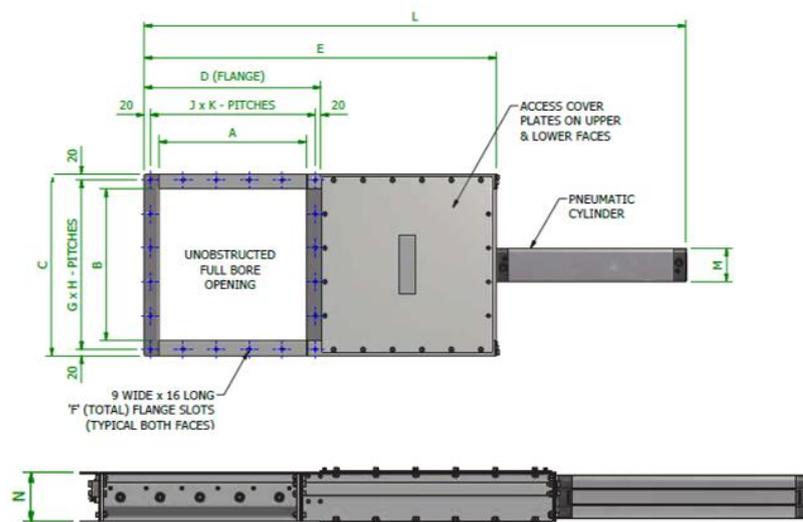


Figura Apéndice. 34 Tolva TA01: Válvula Pin Gate - Dimensiones generales [Fuente: (MUCON, 2020, pág. 6)]

Valve Type	Body Dimensions										
	A	B	C	D	E	F	G x H	J x K	L	M	N
RGV-6W6S	150	150	250	250	496	12	3 x 70mm	3 x 70mm	793	110	126
RGV-8W8S	200	200	300	300	596	16	4 x 65mm	4 x 65mm	943	110	126
RGV-10W10S	250	250	350	350	696	16	4 x 77.5mm	4 x 77.5mm	1093	110	126
RGV-12W12S	300	300	400	400	796	16	4 x 90mm	4 x 90mm	1243	110	126
RGV-16W16S	400	400	500	500	996	20	5 x 92mm	5 x 92mm	1543	110	126
RGV-20W20S	500	500	600	600	1196	20	5 x 112mm	5 x 112mm	1843	110	126
RGV-24W24S	600	600	700	700	1396	24	6 x 110mm	6 x 110mm	2143	110	126

Figura Apéndice. 35 Tolva TA01: Válvula Pin Gate - Selección del modelo [Fuente: (MUCON, 2020, pág. 6)]

APÉNDICE D

DISEÑO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN TA02

- **DETERMINAR LA DENSIDAD DEL MATERIAL**

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material
Tierra para molde de fundición	76	C1/2-36
Trebol en semilla	45-48	B6-25N
Trigo	45-48	C1/2-25N
Trigo sarraceno	37-42	B6-25N
Trigo, gérmen	18-28	B6-25
Trigo, grano Quebrado	40-45	B6-25N
Trigo, harina	33-40	A40-45LP
Urea en grano, con recubrimiento	43-46	B6-25
Uva, pulpa de	15-20	D3-45U
Vermiculita, expandida	16	C1/2-35Y
Vermiculita, mineral	80	D3-36
Vidrio a granel	80-100	C1/2-37
Vidrio, pedazos finos	80-120	C1/2-37
Vidrio, pedazos, desperdicio	80-120	D16-37
Viruta de acero, compactada	100-150	D3-46VV
Viruta de Bronce	30-50	B6-45
Yeso, calcinado	55-60	B6-35U
Yeso, calcinado, en polvo	60-80	A100-35U
Yeso, crudo 1"	70-80	D3-25
Zinc, residuos Concentrados	75-80	B6-37

Figura Apéndice. 36 Tolva TA02: Densidades acorde al material [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 15)]

- **DETERMINAR EL VOLUMEN DE LA TOLVA PARA UNA HORA**

$$V_{\text{tolva-hora}} = \frac{\text{Capacidad hora}}{\rho_{\text{vidrio desechado}}}$$

$$V_{\text{tolva-hora}} = \frac{5.0 \frac{\text{T}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ T}}}{100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \times \left(\frac{3.28 \text{ ft}}{1 \text{ m}}\right)^3}$$

$$V_{\text{tolva-hora}} = 3.12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

▪ **DETERMINAR EL VOLUMEN TEÓRICO DE LA TOLVA**

$$V_{\text{tolva-teórico}} = V_{\text{tolva-hora}} \cdot \text{Horas alimentación}$$

$$V_{\text{tolva-teórico}} = 3.12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 3 \text{ h}$$

$$V_{\text{tolva-teórico}} = 9.36 \text{ m}^3$$

▪ **DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE LA TOLVA**

Área de salida

$$A_{\text{sal.}} = L_{1\text{-sal.}} \cdot L_{2\text{-sal.}}$$

$$A_{\text{sal.}} = 0.4 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m}$$

$$A_{\text{sal.}} = 0.16 \text{ m}^2$$

Área de entrada

$$A_{\text{ent.}} = L_{1\text{-ent.}} \cdot L_{1\text{-ent.}}$$

$$A_{\text{ent.}} = 3.7 \text{ m} \cdot 3.7 \text{ m}$$

$$A_{\text{ent.}} = 13.69 \text{ m}^2$$

Altura de la tolva

$$V_{\text{tolva-teórico}} = \frac{h}{3} \cdot (A_{\text{ent.}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{\text{ent.}} \cdot A_{\text{sal.}}})$$

$$h = \frac{3 \cdot V_{\text{tolva-teórico}}}{A_{\text{ent.}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{\text{ent.}} \cdot A_{\text{sal.}}}}$$

$$h = \frac{3 \cdot 9.36 \text{ m}^3}{13.69 \text{ m}^2 + 0.16 \text{ m}^2 + \sqrt{13.69 \text{ m}^2 \cdot 0.16 \text{ m}^2}}$$

$$h = 1.8 \text{ m}$$

Dimensiones

$$A_{\text{entrada}}: A_{\text{ent.}} = \begin{cases} L_{1\text{-ent.}} = 3.7 \text{ m} \\ L_{2\text{-ent.}} = 3.7 \text{ m} \end{cases}$$

$$A_{\text{salida}}: A_{\text{sal.}} = \begin{cases} L_{1\text{-sal.}} = 0.4 \text{ m} \\ L_{2\text{-sal.}} = 0.4 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{Altura: } h = 1.8 \text{ m}$$

▪ DETERMINAR LAS PRESIONES EN LA TOLVA

Type of particulate solid ^{a, e}	Unit weight ^b		Angle of repose	Angle of internal friction			Lateral pressure ratio		Wall friction coefficient ^c			Patch load solid reference factor C_{sp}
	γ	γ	ϕ_r	ϕ_m	a_ϕ	K_m	a_K	μ ($\mu = \tan \phi_w$)	a_μ			
	Lower	Upper		Mean	Factor	Mean	Factor	Wall type D1	Wall type D2	Wall type D3		
	kN/m ³	kN/m ³	degrees	degrees				Mean	Mean	Mean	Factor	
Default material ^a	6.0	22.0	40	35	1.3	0.50	1.5	0.32	0.39	0.50	1.40	1.0

Figura Apéndice. 37 Tolva TA02: Propiedades para las partículas sólidas [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 99)]

Punto más bajo de la superficie

$$h_o = \frac{L_{1-ent.}}{4} \cdot \tan(\phi_{\text{reposo}}) \rightarrow h_o = \frac{3.7 \text{ m}}{4} \cdot \tan(35^\circ) \rightarrow h_o = 0.648 \text{ m}$$

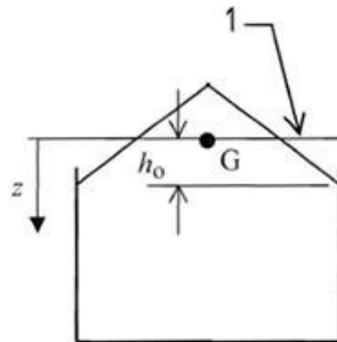


Figura Apéndice. 38 Tolva TA02: Punto más bajo de la superficie [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 70)]

Profundidad característica de Janssen

$$\frac{A}{U} = \frac{L_{1-ent.}}{4} \rightarrow \frac{A}{U} = \frac{3.7 \text{ m}}{4} \rightarrow \frac{A}{U} = 0.93 \text{ m}$$

$$K = a_k \cdot K_m \rightarrow K = 1.5 \cdot 0.50 \rightarrow K = 0.75$$

$$\mu = \mu_k \cdot D_3 \rightarrow \mu = 1.4 \cdot 0.50 \rightarrow \mu = 0.70$$

$$z_o = \frac{1}{K \cdot \mu} \cdot \frac{A}{U} \rightarrow z_o = \frac{1}{0.75 \cdot 0.70} \cdot 0.93 \text{ m} \rightarrow z_o = 1.77 \text{ m}$$

Exponente en relación con la presión

$$n = -(1 + \tan(\phi_{\text{reposo}})) \cdot \left(1 - \frac{h_o}{z_o}\right)$$

$$n = -(1 + \tan(35^\circ)) \cdot \left(1 - \frac{0.648 \text{ m}}{1.77 \text{ m}}\right)$$

$$n = -1.08$$

Profundidad para el análisis de la presión

$$z_v = h_o - \frac{1}{n+1} \cdot \left[z_o - h_o - \frac{(z + z_o - 2 \cdot h_o)^{n+1}}{(z_o - h_o)^n} \right]$$

$$z_v = 0.648 \text{ m} - \frac{1}{-1.08 + 1} \cdot \left[1.77 \text{ m} - 0.648 \text{ m} - \frac{(1.8 \text{ m} + 1.77 \text{ m} - 2 \cdot 0.648 \text{ m})^{-1.08+1}}{(1.77 \text{ m} - 0.648 \text{ m})^{-1.08}} \right]$$

$$z_v = 1.42 \text{ m}$$

Presión ejercida en la tolva por el material

$$p_{vft} = \gamma \cdot z_v$$

$$p_{vft} = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.42 \text{ m}$$

$$p_{vft} = 8.52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

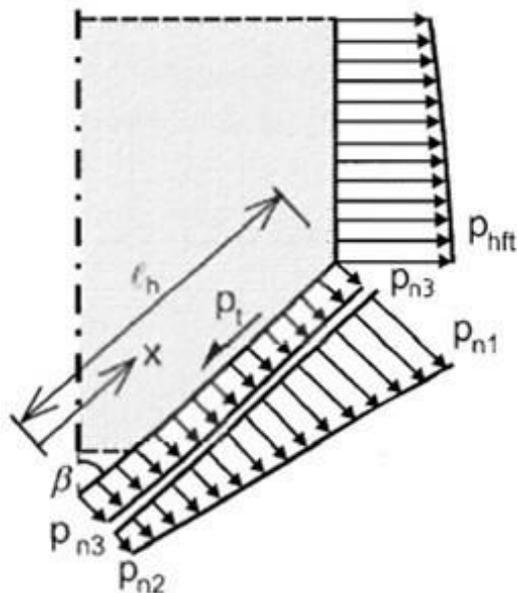


Figura Apéndice. 39 Tolva TA02: Presiones cuando la tolva se encuentra llena [Fuente: (UNE - ENV 1991-4, 2006, pág. 103)]

Presión en las paredes con la tolva llena

$$p_{n1} = p_{vft} \cdot (C_b \cdot \sin(\beta)^2 + \cos(\beta)^2)$$

$$p_{n1} = 8.52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot (1.6 \cdot \sin(43)^2 + \cos(43)^2)$$

$$p_{n1} = 10.90 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{n2} = p_{vft} \cdot C_b \cdot \sin(\beta)^2$$

$$p_{n2} = 8.52 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.6 \cdot \sin(43)^2$$

$$p_{n2} = 6.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{n3} = 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma \cdot K}{\sqrt{\mu}} \cdot \cos(\beta)^2$$

$$p_{n3} = 3 \cdot 0.93 \text{ m} \cdot \frac{6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.75}{\sqrt{0.70}} \cdot \cos(43)^2$$

$$p_{n3} = 8.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Expresión para la presión en las paredes

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \cdot \frac{x}{l_h}$$

$$p_n = 8.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 6.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \left(10.90 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 6.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{x}{2.47 \text{ m}}$$

$$p_n = 8.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 6.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + \left(4.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{x}{2.47 \text{ m}}$$

$$p_n = 14.37 + 1.85 \cdot x \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

▪ **DETERMINAR EL VOLUMEN REAL QUE ALMACENARÁ LA TOLVA**

Volumen almacenado dentro de la tolva

$$A_{@1.5 \text{ m}} = L_{1-@1.5 \text{ m}} \cdot L_{2-@1.5 \text{ m}}$$

$$A_{@1.5 \text{ m}} = 3.15 \text{ m} \cdot 3.15 \text{ m}$$

$$A_{@1.5 \text{ m}} = 9.92 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{h_{\text{llenado}}}{3} \cdot (A_{@ 1.5 \text{ m}} + A_{\text{sal.}} + \sqrt{A_{@ 1.5 \text{ m}} \cdot A_{\text{sal.}}})$$

$$V_{\text{tolva}} = \frac{1.5 \text{ m}}{3} \cdot (9.92 \text{ m}^2 + 0.16 \text{ m}^2 + \sqrt{9.92 \text{ m}^2 \cdot 0.16 \text{ m}^2})$$

$$V_{\text{tolva}} = 5.67 \text{ m}^3$$

Volumen del pilo fuera de la tolva

$$h_{\text{cono}} = \frac{L_{1-@ 1.5 \text{ m}}}{2} \cdot \tan(\phi_{\text{reposo}})$$

$$h_{\text{cono}} = \frac{3.15 \text{ m}}{2} \cdot \tan(35^\circ)$$

$$h_{\text{cono}} = 1.10 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{L_{1-@ 1.5 \text{ m}}}{2}\right)^2 \cdot h_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{3.15 \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 1.10 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = 2.86 \text{ m}^3$$

Volumen real del material en la tolva

$$V_{\text{tolva-real}} = V_{\text{tolva}} + V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{tolva-real}} = 5.67 \text{ m}^3 + 2.86 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tolva-real}} = 8.53 \text{ m}^3$$

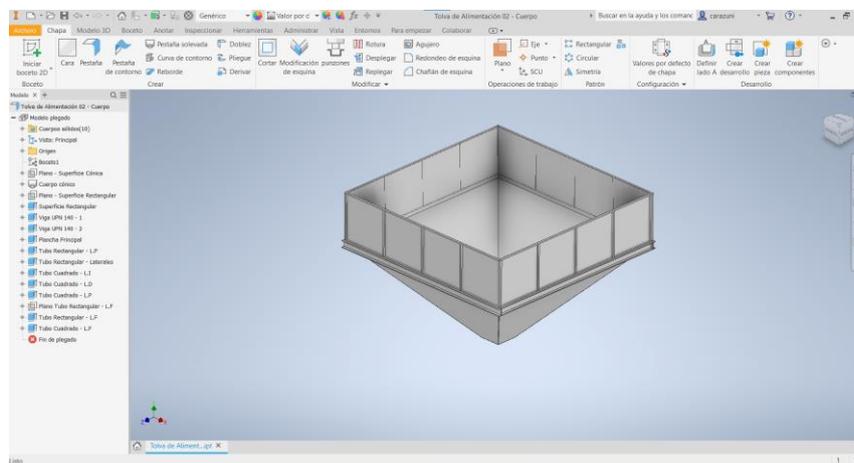


Figura Apéndice. 40 Tolva TA02: Cuerpo - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

▪ **DETERMINAR LAS HORAS DE ALIMENTACIÓN REAL A LA PLANTA**

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = \frac{V_{\text{tolva-real}}}{V_{\text{tolva-hora}}}$$

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = \frac{8.53 \text{ m}^3}{3.12 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$\text{Horas}_{\text{producción}} = 2.73 \text{ h}$$

▪ **DETERMINAR LA MASA DE LA TOLVA**

$$m_{\text{tolva-estructura}} = V_{\text{tolva-estructura}} \cdot \rho_{\text{material}}$$

$$m_{\text{tolva-estructura}} = 249.48 \text{ m}^3 \cdot 7.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{tolva-estructura}} = 1958.42 \text{ kg}$$

▪ **DETERMINAR EL PESO A SOPORTAR POR LA ESTRUCTURA**

$$W_{\text{tolva}} = (V_{\text{tolva-real}} + m_{\text{tolva-estructura}}) \cdot g \cdot \eta_{F.S}$$

$$W_{\text{tolva}} = \left(8.53 \text{ m}^3 \times \frac{0.984 \text{ T}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ T}} + 1958.42 \text{ kg} \right) \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.5$$

$$W_{\text{tolva}} = 152.33 \text{ kN}$$



Especificaciones Generales:

Calidad:	Plancha aleada
Dureza:	400 HB y 500 HB
Espesores:	En 400 HB de 5mm a 20mm En 500 HB de 12mm a 25mm
Dimensiones:	2000 x 6000

* Oxicortes según medidas específicas (oxicortes se realizarán de acuerdo a la disponibilidad del producto)

Descripción:

- Mayor resistencia a la corrosión que otros aceros al carbono.
- Disponible en presentación de Acero Negro, dureza 400HB y 500HB.
- Formato estándar de 2000 x 6000 mm.
- Útil para elementos de movimiento de tierra, minerales y materiales abrasivos tales como tolvas de volquetes, cucharas de máquinas cargadoras, etc.

Figura Apéndice. 41 Tolva TA02: Cuerpo - Selección del material [Fuente: (DIPAC MANTA S.A., 2020, pág. 20)]

APÉNDICE E

SELECCIÓN DE LA VÁLVULA PIN GATE - TOLVA TA02

- HALLAR LA FUERZA DE SALIDA

$$F_{\text{Pin-Gate}} = V_{\text{tolva-real}} \cdot \rho_{\text{vidrio desechado}} \cdot g \cdot \eta_{\text{F.S}}$$

$$F_{\text{Pin-Gate}} = 8.53 \text{ m}^3 \cdot \left[100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \times \left(\frac{3.28 \text{ ft}}{1 \text{ m}} \right)^3 \right] \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.5$$

$$F_{\text{Pin-Gate}} = 201.329 \text{ kN}$$

- DETERMINAR EL ÁREA DE TRABAJO

$$A_{\text{trabajo}} = \frac{\eta_{\text{F.S}} \cdot F_{\text{Pin-Gate}}}{S_y}$$

$$A_{\text{trabajo}} = \frac{1.5 \cdot 201.329 \text{ kN}}{250 \text{ MPa}}$$

$$A_{\text{trabajo}} = 1207.98 \text{ mm}^2$$

- SELECCIONAR LA VALVULA GUÍA

$$L_{\text{válvula}} > L_{\text{salida}} > L_{\text{trabajo}}$$

$$L_{\text{válvula}} > 400 \text{ mm} > \sqrt{1207.98 \text{ mm}^2}$$

$$L_{\text{válvula}} > 400 \text{ mm} > 34.76 \text{ mm}$$

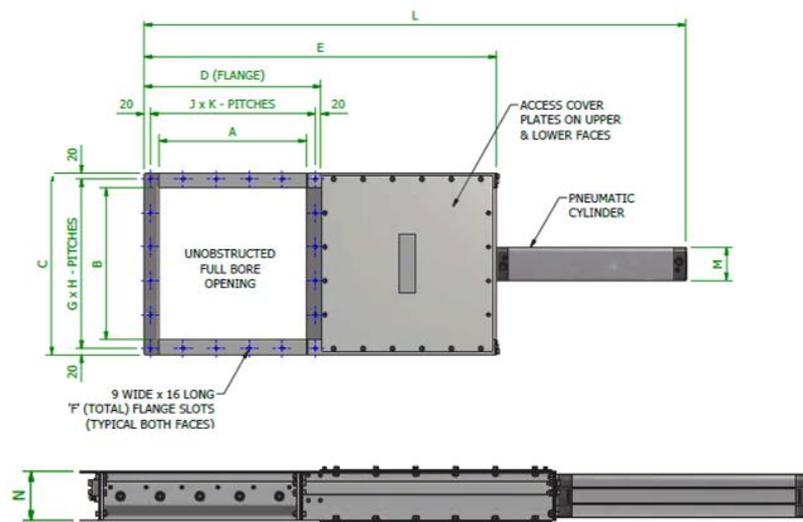


Figura Apéndice. 42 Tolva TA02: Válvula Pin Gate - Dimensiones generales [Fuente: (MUCON, 2020, pág. 6)]

Valve Type	Body Dimensions										
	A	B	C	D	E	F	G x H	J x K	L	M	N
RGV-6W6S	150	150	250	250	496	12	3 x 70mm	3 x 70mm	793	110	126
RGV-8W8S	200	200	300	300	596	16	4 x 65mm	4 x 65mm	943	110	126
RGV-10W10S	250	250	350	350	696	16	4 x 77.5mm	4 x 77.5mm	1093	110	126
RGV-12W12S	300	300	400	400	796	16	4 x 90mm	4 x 90mm	1243	110	126
RGV-16W16S	400	400	500	500	996	20	5 x 92mm	5 x 92mm	1543	110	126
RGV-20W20S	500	500	600	600	1196	20	5 x 112mm	5 x 112mm	1843	110	126
RGV-24W24S	600	600	700	700	1396	24	6 x 110mm	6 x 110mm	2143	110	126

Figura Apéndice. 43 Tolva TA02: Válvula Pin Gate - Selección del modelo [Fuente: (MUCON, 2020, pág. 6)]

APÉNDICE F

DISEÑO DEL ELEVADOR DE CANGILONES EC01

▪ DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Material	Densidad LB/PIE ³	Código de Material	Serie de Elevadores* Recomendadas
Trigo, quebrado	40-45	B6-25N	A, C
Vidrio, a granel	80-100	C1/2-37	B, D
Yeso, calcinado	55-60	B6-35U	A, C, F, H
Yeso, calcinado pulverizado	60-80	A100-35U	A, F

Figura Apéndice. 44 Elevador EC01: Material - Característica de diseño [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 127)]

Código de Clasificación del Material		
Clase	Características del Material	Código
Densidad	Densidad Relativa, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino Malla No. 200 (.0025") y menor Malla No. 100 (.0050") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A _m A _m A _m
	Fino Malla No. 6 (.132") y menor	B _m
	Granular 1/2" y menor (malla 6 to 1/2") 3" y menor (1/2" a 3") 7" y menor (3" a 7")	C _{1/2} D _{1/2} D _{1/2}
	Trozos 16" y menor (0" a 16") Mayor a 16" debe especificarse X = Tamaño máximo actual	D _m D ₁
	Irregular Fibroso, cilíndrico, etc.	E
Flujo	Fluido Muy libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	Genera Electricidad Estática	G
	Se Ocluye en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable, Afecta Uso	P
	Degradable, Afecta Uso	Q
	Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
Mediamente Corrosivo	T	
Higroscópico	U	
Se entrelaza, Enreda o Aglomera	V	
Presencia de Aceites	W	
Muy Ligero — Puede ser Levantado por el Viento	Y	
Temperatura Elevada	Z	

Figura Apéndice. 45 Elevador EC01: Material - Código de clasificación [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 126)]

Tabla Apéndice. 10 Elevador EC01: Material - Características según su código [Fuente: Elaboración propia]

Clase	Característica del Material	Valor
Densidad	Densidad relativa, Sin compactar	100 lb/ft ³
Tamaño	Granular: 1/2" y menor (malla 6)	C1/2
Flujo	Fluido Promedio	3
Abrasividad	Abrasividad Extrema	7

▪ **DETERMINAR LA CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL ELEVADOR**

$$CFH = \frac{(\text{Capacidad}_{\text{hora}} \cdot 1.2) \cdot 2000}{\rho_{\text{material}} [\text{lb}/\text{ft}^3]}$$

$$CFH = \frac{6 \frac{T}{h} \cdot 2000}{100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}$$

$$CFH = 120 \frac{\text{ft}^3}{h}$$

▪ **DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL ELEVADOR**

Tabla Apéndice. 11 Elevador EC01: Elevador - Series recomendadas [Fuente: Elaboración propia]

Notación	Serie	Tipo de Descarga	Tipo de tensor
B	Banda Serie 100	Centrifuga	Tensor en la bota
D	Banda Serie 200	Centrifuga	Tensor en la cabeza

Selección del elevador de cangilones

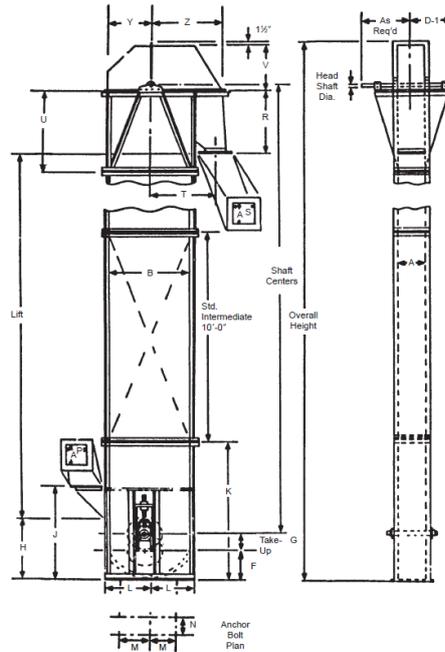
Número de Elevador	Capacidad	Cangilones				Banda		Tamaño Máx. Partícula		Tamaño Nom. de la Caja		Polea en Cabeza		Polea en Bota	
	Máx.P.C.H.	Ancho	Proy.	Prof.	Espacio	Ancho	P.P.M.	100%	10%	Ancho	Prof.	Diámetro	RPM	Diámetro	Diámetro de Eje
B43-139	95	4	2¾	3	8	5	140	¼	1	8	18	8.00	62.9	8.00	1.5000
B64-141	293	6	4	4.25	13	7	235	½	2½	11¾	35	20.00	43.8	16.00	1.5000
B64-140	324	6	4	4.25	13	7	260	½	2½	11¾	39	24.00	40.5	16.00	1.5000
B85-142	543	8	5	5.5	16	9	230	¾	3	13¾	39	20.00	42.9	14.00	2.0000
B85-143	591	8	5	5.5	16	9	250	¾	3	13¾	42	24.00	39	16.00	2.0000

Figura Apéndice. 46 Elevador EC01: Elevador - Serie 100 de Banda [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 129)]

Tabla Apéndice. 12 Elevador B64-141: Elevador - Nomenclatura según su código [Fuente: Elaboración propia]

Característica	Tipo de tensor
Montaje	B: Banda
Tamaño del cangilón	6" x 4"
Serie	1: 100
No. de la unidad	Unidad 41

Dimensiones del elevador de cangilones



				Dimensiones ^① (En Pulgadas)																		
No. de Elevador de Cadena	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Cadena	Cuerpo				Bota						Cabeza								
				A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1 ^②
C43-101		B43-139		8	18	9	6	27 $\frac{3}{4}$	36 $\frac{3}{4}$	42	9	6	10	6	15	8	17 $\frac{1}{2}$	36	14	9	20 $\frac{1}{2}$	13
C64-102				9 $\frac{3}{4}$	35	13	9	26 $\frac{1}{2}$	43	72	17 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$	13	29 $\frac{3}{4}$	10	28 $\frac{1}{2}$	42	19 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$	13
		B64-140		11 $\frac{1}{4}$	39	14	9	26 $\frac{1}{2}$	43	72	19 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$	13	31 $\frac{1}{2}$	10	30 $\frac{3}{4}$	42	21 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{2}$	32 $\frac{1}{2}$	14
C85-103		B64-141		11 $\frac{1}{4}$	35	13	9	26 $\frac{1}{2}$	43	72	17 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$	13	29 $\frac{3}{4}$	10	28 $\frac{1}{2}$	42	19 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$	14

Figura Apéndice. 47 Elevador B64-141: Elevador - Dimensiones generales [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 137)]

Posibles diámetros para el eje de transmisión

Horsepower*													
Elevator Number	Material Density (Pounds per Cubic Feet)											Elevator Number	
	35			50			75			100			
	Centers Feet	Head Shaft Diameter	HP	Centers Feet	Head Shaft Diameter	HP	Centers Feet	Head Shaft Diameter	HP	Centers Feet	Head Shaft Diameter		HP
B43-139	0-100	1 $\frac{1}{16}$	1	0-100	1 $\frac{1}{16}$	1	0-100	1 $\frac{1}{16}$	1	0-80	1 $\frac{1}{16}$	1	B43-139
										81-100	1 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	
B64-140 and B64-141	0-80	1 $\frac{1}{16}$	1	0-66	1 $\frac{1}{16}$	1	0-44	1 $\frac{1}{16}$	1	0-33	1 $\frac{1}{16}$	1	B64-140 and B64-141
	81-100	1 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	67-80	1 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	45-66	1 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	34-50	1 $\frac{1}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	
				81-100	1 $\frac{1}{16}$	2	67-88	1 $\frac{1}{16}$	2	51-66	1 $\frac{1}{16}$	2	
							89-100	2 $\frac{1}{16}$	3	67-92	1 $\frac{1}{16}$	3	
										93-100	2 $\frac{1}{16}$	5	

Figura Apéndice. 48 Elevador B64-141: Eje - Diámetro recomendado para la polea [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 129)]

Determinar la distancia entre centros

$$H + \text{Elevación} + R + \frac{\phi_{\text{eje}}}{2} = \text{Distancia}_{\text{centros}} + F + G$$

$$\text{Distancia}_{\text{centros}} = H + \text{Elevación} + R + \frac{\phi_{\text{eje}}}{2} - (F + G)$$

$$\text{Distancia}_{\text{centros}} = H + (\text{Elevación}_{\text{Total}} - H) + R + \frac{\phi_{\text{eje}}}{2} - (F + G)$$

$$\text{Distancia}_{\text{centros}} = 26.5 \text{ in} + (263.78 \text{ in} - 26.5 \text{ in}) + 29.75 \text{ in} + \frac{1.94 \text{ in}}{2} - (13 \text{ in} + 9 \text{ in})$$

$$\text{Distancia}_{\text{centros}} = 272.5 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}$$

$$\text{Distancia}_{\text{centros}} = 22.71 \text{ ft}$$

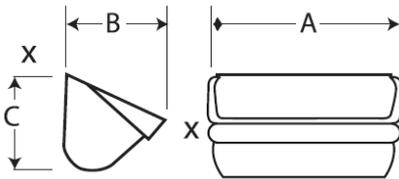
SELECCIÓN DEL CANGILÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Determinar la cantidad de cangilones

$$N^{\circ} \text{ cangilones} = 4.34 + (1.85 \cdot \text{Distancia}_{\text{centros}})$$

$$N^{\circ} \text{ cangilones} = 4.34 + (1.85 \cdot 22.71 \text{ ft})$$

$$N^{\circ} \text{ cangilones} = 46$$



Tamaño de cangilón			Peso (lb)	Capacidad pies cúbicos X—X
A	B	C		
4	2¾	3	1.0	.01
6	4	4¼	2.7	.03
8	5	5½	4.8	.07
10	6	6¼	7.7	.12
12	7	7¼	12.0	.19
14	7	7¼	13.9	.23
16	8	8½	21.8	.34

Figura Apéndice. 49 Elevador B64-141: Cangilón - Dimensiones del Estilo AA [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 138)]

Tabla Apéndice. 13 Elevador B64-141: Cangilón - Estilo, dimensión, y cantidad [Fuente: Elaboración propia]

Estilo	Dimensión	Espaciamiento	Cantidad
AA	6" x 4"	13"	46

**BUDD AA Nylon Fundido
Cangilones Industriales**



HECHO EN LOS
USA

Material Nylon fundido

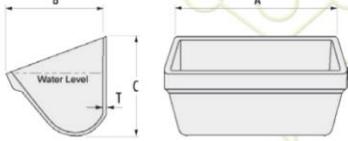
Rango de Temp. -50° C a 150° C

Características

- Labio frontal reforzado
- Antiaderente
- Antichispas y anticorrosión
- Muy robusto

Aplicaciones Productos industriales como arena, piedras, cemento, carbón, vidrio y fertilizantes.

Cangilón de Nylon tipo AA para servicio pesado. Incorpora paredes gruesas, labio frontal reforzado y lubricante para proporcionar antiaderencia. Diseñado para el manejo de gránulos abrasivos y pesados. Es compatible con banda y cadena.



Tamaño Nominal (pulg.)	Nº Parte	Dimensiones (pulg.)			Perforación Estándar (pulg.)				Capacidad (pulg. ³)			
		Longitud A	Proyección B	Profundidad C	Nº Hoyos	Diámetro Perno	Distancia F	Distancia G	Nivel de Agua	Gross	Espaciado (Cangilón) (pulg.)	Peso (lbs.)
6 x 4	BUDDAA64CN	6-1/2	4	4-5/16					31.1	48.4		0.47
8 x 5	BUDDAA85CN	8-7/16	5	5-1/2					63.9	98.5		1.03
15 x 5	BUDDAA155CN	15-3/4	5-7/16	5-11/16					140.0	209.1		2.78

Figura Apéndice. 50 Elevador B64-141: Cangilón - Selección del catálogo Estilo AA
[Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 25)]

▪ **ELEMENTOS DE SUJECIÓN PARA LOS CANGILONES**

Determinar la cantidad de elementos

$$N^{\circ} \text{ tornillos} = 2 \cdot N^{\circ} \text{ cangilones}$$

$$N^{\circ} \text{ tornillos} = 2 \cdot 46$$

$$N^{\circ} \text{ tornillos} = 92$$

Longitud de Cangilón	M.I. y Cangilones de Acero Estilo A, AA, AA-RB, B, C, etc.			
	Perforación	A	B	C*
6	B-1	4 $\frac{5}{16}$	1	$\frac{1}{4}$
8	B-6	3	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{16}$
10	B-6	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{16}$
12	B-6	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{16}$
14	B-7	4	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{16}$
16	B-7	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{16}$
18	—	—	—	—

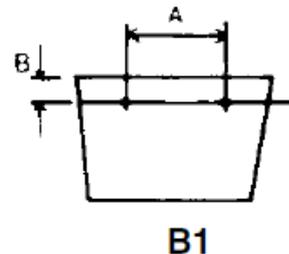


Figura Apéndice. 51 Elevador B64-141: Cangilón - Perforaciones para el Estilo AA
[Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. H 139)]

Nota: C* Se refiere al diámetro del perno recomendado

Tabla Apéndice. 14 Elevador B64-141: Cangilón - Elementos de sujeción [Fuente: Elaboración propia]

Tornillo	Arandelas	Tuerca	Cantidad
1/4" x 1"	1/4"	1/4"	92

Cangillones plásticos

- Tuerca
- Arandela de Presión
- Arandela Grande
- Cangilón
- Banda
- Perno



Figura Apéndice. 52 Elevador B64-141: Cangilón - Elementos de sujeción [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 41)]

**4B Norway Sin Uñas
Tornillos para Elevadores**

Los tornillos Norway son los más utilizados en la industria de granos de Norteamérica. Su base hexagonal ayuda a prevenir la rotación del tornillo durante la instalación. Los tornillos cumplen las normas de carga, rendimiento y resistencia a la tracción del Grado 2.

Material Acero al carbono galvanizado Grado 2
Acero inoxidable (302)

Características

- Modelo estándar de cabeza plana
- Diseñado con base hexagonal para prevenir la rotación
- Cabeza grande para prevenir el desgarro
- Compatible con huecos embutidos y planos
- Grado 2

Dimensiones (pulg.)	Galvanizado en Acero	Acero Inoxidable	Díametro Ø (pulg.)	Hombro Altura (pulg.)	Max. Torque (ft. lbs.)	Cantidad por Paquete	Peso por Paquete (lbs.) - Zinc
1/4 x 1	NWY-1/4X1	NWY-1/4X1-302S	1	7/32	6	100	2.40
1/4 x 1-1/4	NWY-1/4X1.1/4	NWY-1/4X1.1/4-302S	1	7/32	6	100	2.55
1/4 x 1-1/2	NWY-1/4X1.1/2	NWY-1/4X1.1/2-302S	1	7/32	6	100	2.85

Figura Apéndice. 53 Elevador B64-141: Cangilón - Selección del Tornillo Norway [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 41)]

Tuerca Hexagonal

Nº Parte	Dimensiones - ID (pulg.)	Cantidad por Paquete	Cantidad por Peso (lbs.)
NC01	1/4 - 20	100	0.8
NC02	5/16 - 18	100	1.1
NC03	3/8 - 16	100	1.5
NC04	1/2 - 13	100	3.8

Figura Apéndice. 54 Elevador B64-141: Cangilón - Selección tuerca hexagonal [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 46)]



Arandela de Presión

Nº Parte	Dimensiones - ID (pulg.)	Díametro OD (pulg.)	Cantidad por Paquete	Cantidad por Peso (lbs.)
LW01	1/4	0.489	100	0.2
LW02	5/16	0.586	100	0.4
LW03	3/8	0.683	100	0.6
LW04	1/2	0.737	100	1.2

Figura Apéndice. 55 Elevador B64-141: Cangilón - Selección arandela de presión [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 46)]



Arandela Plana

Nº Parte	Dimensiones - ID (pulg.)	Díametro OD (pulg.)	Cantidad por Paquete	Cantidad por Peso (lbs.)
FW01	1/4	1	100	1.3
FW02	5/16	1-1/4	100	1.9
FW03	3/8	1-1/2	100	2.3

Figura Apéndice. 56 Elevador B64-141: Cangilón - Selección arandela plana [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 46)]

SELECCIÓN DE LA BANDA Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

Determinar la longitud de la banda

$$L_{\text{banda}} = 9 \text{ ft} + (2 \text{ ft} \cdot \text{Distancia}_{\text{centros}})$$

$$L_{\text{banda}} = 9 \text{ ft} + (2 \text{ ft} \cdot 22.71 \text{ ft})$$

$$L_{\text{banda}} = 54.42 \text{ ft}$$

Bandas Antiabrasivas de Hule SBR Grado 2

 <p>2 PLY 220 HULE 1/8 x 1/16</p> <p>Banda transportadora para materiales abrasivos Resistencia: 220 PIW Espesor: 0.308 pulg. Peso: 0.151 lbs. PIW Díametro mínimo de la polea: 10 pulg. Rango de Temperatura: -30°C a 100°C Proyección máxima de cangilones: 6 pulg.</p>	 <p>3 PLY 330 HULE 1/4 x 1/16</p> <p>Banda transportadora para materiales abrasivos Resistencia: 330 PIW Espesor: 0.460 pulg. Peso: 0.255 lbs. PIW Díametro mínimo de la polea: 12 pulg. Rango de Temperatura: -30°C a 100°C Proyección máxima de cangilones: 8 pulg.</p>
 <p>2 PLY 220 HULE 3/16 x 1/16</p> <p>Banda transportadora para materiales abrasivos Resistencia: 220 PIW Espesor: 0.370 pulg. Peso: 0.183 lbs. PIW Díametro mínimo de la polea: 10 pulg. Rango de Temperatura: -30°C a 100°C Proyección máxima de cangilones: 6 pulg.</p>	 <p>4 PLY 440 HULE 1/4 x 1/16</p> <p>Banda transportadora para materiales abrasivos Resistencia: 440 PIW Espesor: 0.530 pulg. Peso: 0.271 lbs. PIW Díametro mínimo de la polea: 16 pulg. Rango de Temperatura: -30°C a 100°C Proyección máxima de cangilones: 10 pulg.</p>

Figura Apéndice. 57 Elevador B64-141: Banda - Selección del tipo [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 49)]

Mordaza Vise Splice



La mordaza mecánica Vise-Splice está diseñada para bandas elevadoras de hasta 800 PIW o 1400 N/mm. Se compone de tres piezas, dos externas y una interna.

La tensión ejercida sobre la banda jala las dos piezas externas hacia arriba, creando una presión de agarre en los extremos dentados. Cuanto mayor es la tensión, mayor es la presión ejercida por los dientes en la parte delantera de la mordaza.

No Ferroso

- Metal no ferroso
- Apto para bandas de hasta 800 PIW de resistencia
- Antichispa, anticorrosión
- Color bronce
- 1.32 kg cada una

Ferroso

- Metal ferroso
- Apto para bandas de hasta 600 PIW de resistencia
- Color plata
- 1.18 kg cada una

Características

- Mordaza mecánica de construcción versátil y confiable
- Para uso en bandas de PVC y hule
- Utilice pernos de 1/2" x 4-1/2" en bandas de espesor entre 1/4" y 1/2"
- Utilice pernos de 9/16" x 5" en bandas de espesor entre 1/2" y 3/4"
- Temperaturas máximas: No Ferroso 260°C, Ferroso 315°C
- Se requiere una mordaza por cada 50 mm de ancho de banda



- No utilice en elevadores para personal
- No reutilice tornillería: reemplaze con nuevos tornillos, tuercas y arandelas

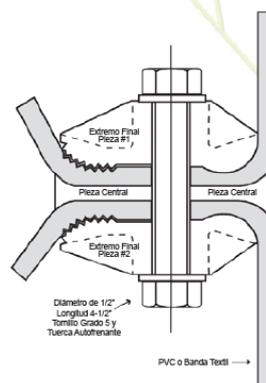


Figura Apéndice. 58 Elevador B64-141: Banda - Selección de las mordazas [Fuente: (4B Components Limited, 2016, pág. 51)]

Determinar la cantidad de perforaciones

$$N^{\circ} \text{ perforaciones} = N^{\circ} \text{ mordazas} + N^{\circ} \text{ tornillos}$$

$$N^{\circ} \text{ perforaciones} = \left(7 \text{ in} \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ mordaza}}{50 \text{ mm}} \right) + 92$$

$$N^{\circ} \text{ perforaciones} = 4 + 92$$

$$N^{\circ} \text{ perforaciones} = 96$$

Tabla Apéndice. 15 Elevador B64-141: Banda - Longitud, mordazas y perforaciones [Fuente: Elaboración propia]

No. de Mordazas	No. de perforaciones	Longitud de la banda	
4	96	54.42 ft	16.6 m

▪ **DETERMINAR LAS TENSIONES Y TORQUE DEL SISTEMA**

Determinar el peso del material

$$W_{\text{material}} = \frac{\rho_{\text{vidrio desechado}} \cdot \text{Capacidad}_{\text{cangilón}}}{\text{Paso}_{\text{cangilón}}}$$

$$W_{\text{material}} = \frac{\left(100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}}\right) \cdot 0.03 \text{ ft}^3}{13 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}}}$$

$$W_{\text{material}} = 4.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Determinar el peso de los cangilones

$$W_{\text{cangilones}} = W_{\text{cangilón}} \cdot \frac{1}{\text{Paso}_{\text{cangilón}}}$$

$$W_{\text{cangilones}} = 0.47 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \cdot \frac{1}{13 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}}}$$

$$W_{\text{cangilones}} = 0.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Determinar el peso de la banda y accesorios

$$W_{\text{banda}} = 0.151 \frac{\text{lb}}{\text{in}} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \times \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ m}}$$

$$W_{\text{banda}} = 2.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{\text{accesorios 1}} = (W_{\text{tornillos}} + W_{\text{tuercas}} + W_{\text{arandela-presión}} + W_{\text{arandela-plana}}) \cdot \frac{1}{\text{Paso}_{\text{cangilón}}}$$

$$W_{\text{accesorios 1}} = \left[(2.40 \text{ lb} + 0.8 \text{ lb} + 0.2 \text{ lb} + 1.30 \text{ lb}) \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \right] \cdot \frac{1}{13 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}}}$$

$$W_{\text{accesorios 1}} = 6.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{\text{accesorios 2}} = \frac{4 \cdot W_{\text{mordazas}}}{L_{\text{banda}}}$$

$$W_{\text{accesorios 2}} = \frac{4 \cdot 1.32 \text{ kg}}{16.6 \text{ m}} \rightarrow W_{\text{accesorios 2}} = 0.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Determinar la fuerza del lado más tenso

$$T_1 = \text{Distancia}_{\text{centros}} \cdot (W_{\text{material}} + W_{\text{cangilones}} + W_{\text{banda}} + W_{\text{accesorios 1}} + W_{\text{accesorios 2}})$$

$$T_1 = \left(272.5 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}} \right) \cdot \left(4.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 2.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 6.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

$$T_1 = 98.77 \text{ kg}$$

Determinar la fuerza del lado más flojo

$$T_2 = \text{Distancia}_{\text{centros}} \cdot (W_{\text{cangilones}} + W_{\text{banda}} + W_{\text{accesorios 1}} + W_{\text{accesorios 2}})$$

$$T_2 = \left(272.5 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}} \right) \cdot \left(0.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 2.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 6.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

$$T_2 = 70.18 \text{ kg}$$

Determinar el torque

$$T_{\text{sistema}} = (T_1 \cdot \eta_{F.S} - T_2) \cdot \frac{\emptyset_{\text{polea}}}{2}$$

$$T_{\text{sistema}} = [(98.77 \text{ kg}) \cdot (5) - 70.18 \text{ kg}] \cdot \frac{20 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}}}{2}$$

$$T_{\text{sistema}} = 107.6 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

▪ DETERMINAR LAS REVOLUCIONES DE LA RUEDA MOTRIZ

Determinar la velocidad del sistema

$$V_{\text{banda}} = \frac{(\text{Capacidad}_{\text{hora}} \cdot 1.2) \cdot \text{Paso}_{\text{cangilón}}}{\rho_{\text{material}} \cdot \text{Capacidad}_{\text{cangilón}}}$$

$$V_{\text{banda}} = \frac{\left(6 \frac{\text{T}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ T}} \right) \cdot \left(13 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}} \right)}{\left(100 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \right) \cdot 0.03 \text{ ft}^3}$$

$$V_{\text{banda}} = 0.40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinar las revoluciones de la polea

$$N_{\text{polea}} = \frac{2 \cdot V_{\text{banda}}}{\emptyset_{\text{polea}}} \cdot \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$N_{\text{polea}} = \frac{2 \cdot 0.40 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{20 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}}} \cdot \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) \rightarrow N_{\text{polea}} = 15 \text{ rpm}$$

▪ **SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA**

Determinar la potencia del elevador

$$P_{\text{sistema}} = T_{\text{sistema}} \cdot N_{\text{polea}}$$

$$P_{\text{sistema}} = \frac{(107.6 \text{ kg} \cdot \text{m}) \cdot (15 \text{ rpm})}{716}$$

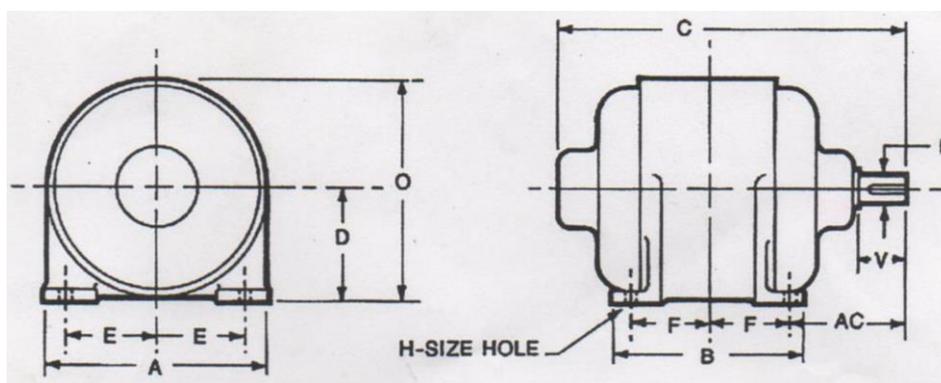
$$P_{\text{sistema}} = 2.25 \text{ HP}$$

Determinar la potencia del motor

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{sistema}}}{\eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{polea}} \cdot \eta_{\text{reductor}}}$$

$$P_{\text{motor}} = \frac{2.25 \text{ HP}}{0.80 \cdot 0.94 \cdot 0.60}$$

$$P_{\text{motor}} \approx 5 \text{ HP}$$

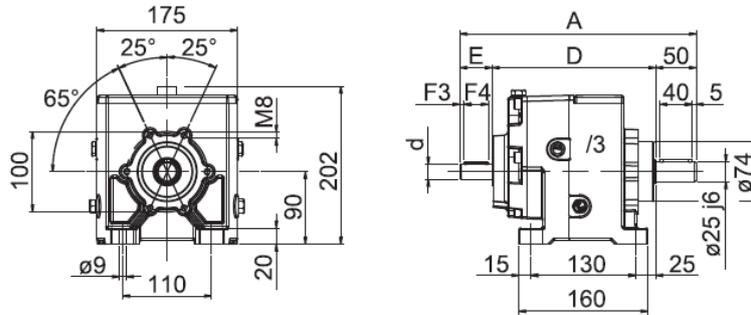


Motor Frame	H.P. (Open)				H.P. (Enclosed)				A Max.	B Max.	C (Approx.)		D	E	F	H	O (Approx.)		U	Keyway	V Min.	AC	Bolts		Wt. (Approx.)	
	900	1200	1800	3600	900	1200	1800	3600			Open	Encl.					Open	Encl.					Open	Encl.	Dia.	Lg.
143T	1/2	3/4	1	1 1/2	1/2	3/4	1	1 1/2	7	6	12	12 1/2	3 1/2	2 3/4	2	1 1/32	6 7/8	7	7/8	3/16 x 3/32	2	4 1/2	1/4		40	45
145T	3/4	1	1 1/2 - 2	2-3	3/4	1	1 1/2 - 2	2	7	6	12 1/2	13 1/2	3 3/4	2 3/4	2 3/4	1 1/32	6 7/8	7	7/8	3/16 x 3/32	2	4 1/2	1/4		45	50
182T	1	1 1/2	3	5	1	1 1/2	3	3	9	6 1/2	13	14 1/2	4 1/2	3 3/4	2 1/4	1 3/32	9 1/8	9 1/4	1 1/8	1/4 x 1/8	2 1/2	5 1/2	5/16	1	65	79
184T	1 1/2	2	5	7 1/2	1 1/2	2	5	5	9	7 1/2	14	15 1/2	4 1/2	3 3/4	2 3/4	1 3/32	9 1/8	9 1/4	1 1/8	1/4 x 1/8	2 1/2	5 1/2	5/16	1	80	95
213T	2	3	7 1/2	10	2	3	7 1/2	7 1/2	10 1/2	7 1/2	16	18	5 1/4	4 1/4	2 3/4	1 3/32	10 3/4	10 1/8	1 3/8	5/16 x 3/32	3 1/8	6 7/8	5/16	1	120	140

Figura Apéndice. 59 Elevador B64-141: Motor - Especificaciones [Fuente: (National Electrical Manufacturers Association, 2019)]

i	2800			1400			900			RD	P _t
	n ₂	M ₂	kW ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	n ₂	M ₂	kW ₁		
52,1	53,7	121	0,71	26,9	160	0,47	17,3	175	0,33	0,955	
59,93	46,7	120	0,61	23,4	161	0,41	15	177	0,29	0,955	
69,61	40,2	121	0,53	20,1	160	0,35	12,9	177	0,25	0,955	

Figura Apéndice. 60 Elevador B64-141: Reductor - Selección del modelo NHL 25/3 [Fuente: (Società Italiana Trasmissioni Industriali, 2019, pág. 23)]



25/2 - 25/3	A	D	E	d	F1	F2	F3	F4	V
/2	300	210	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-120	300	210	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-160	300	210	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-200	300	210	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3	293	203	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3 F-120	293	203	40	19	21,5	6	5	30	M5

Figura Apéndice. 61 Elevador B64-141: Reductor - Dimensión modelo NHL 25/3 [Fuente: (Società Italiana Trasmissioni Industriali, 2019, pág. 24)]

▪ **SELECCIÓN PARA LA BANDA DE TRANSMISIÓN**

Determinar el factor de servicio

FACTORES DE SERVICIOS TÍPICOS						
TIPOS DE MÁQUINAS DE TRANSMISIÓN	TIPOS DE UNIDADES MOTRICES					
Los tipos de máquinas impulsadas aquí listadas son solo una muestra representativa. Seleccione el equipo que se aproxime más a su aplicación. SI SE UTILIZAN RUEDAS LOCAS, AÑADA LO SIGUIENTE AL FACTOR DE SERVICIO: Rueda Loca en el lado suelto (adentro) Ninguno Rueda Loca en el lado suelto (afuera) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (adentro) 0.1 Rueda Loca en el lado apretado (afuera) 0.2	MOTORES ELÉCTRICOS			MOTORES ELÉCTRICOS		
	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para Líquidos Sopladores y Aspiradoras Bombas centrífugas y Compresoras Ventiladores hasta 10 HP Transportadores de Trabajo Ligero	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Transportadores de Banda para arena, grano, etc. Amasadora Ventiladores de más de 10 HP Generadores Ejes de Línea Máquinas de Lavandería Máquinas-Herramientas Taladros, Prensas, Cortadores Máquinas de Imprenta Bombas Rotatorias de Desplazamiento Positivo Cribas Giratorias y Vibratorias	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquinas para Ladrillos Elevadores de Cangilones Excitadores Compresores de Pistones Transportadores (Rastras, Helicoidales, Tabillitas) Molinos de Martillos Hidropulper Bombas de Pistones Sopladores de Desplazamiento Positivo Pulverizadores Máquinas para Madera y Sierras Maquinaria Textil	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Quebradoras (Giratorias-Mordaza-Rodillos) Molinos (Bolas, Rodillos) Cribas Calandrias de hule — Extrusoras — Molinos	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6
Equipo con Ahogador	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Figura Apéndice. 62 Elevador B64-141: Banda - Factor de servicio [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. D 43)]

Determinar la potencia de diseño

$$P_{\text{diseño}} = P_{\text{motor}} \cdot F_s \rightarrow P_{\text{diseño}} = 5 \text{ HP} \cdot 1.4 \rightarrow P_{\text{diseño}} = 7 \text{ HP}$$

Seleccionar la banda de alta capacidad

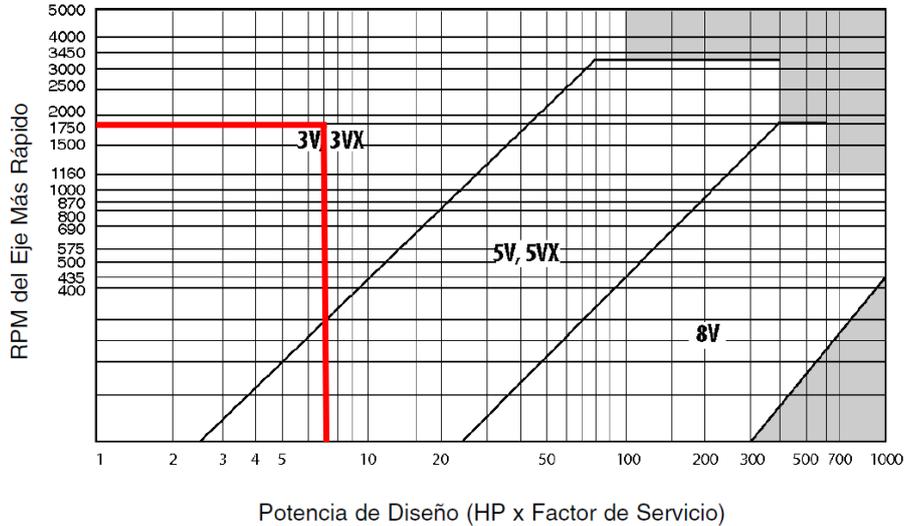


Figura Apéndice. 63 Elevador B64-141: Banda - Selección del tipo [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. D 44)]

Determinar el diámetro mínimo de la polea motriz

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00

Figura Apéndice. 64 Elevador B64-141: Banda - Diámetro mínimo polea motriz [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. D 44)]

Determinar la relación de velocidad

$$i = \frac{N_{\text{polea-motriz}}}{N_{\text{polea-inducida}}} \rightarrow i = \frac{1750}{900} \rightarrow i = 1.95$$

Seleccionar la banda de transmisión

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda								Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
			3500 RPM Motriz		1750 RPM Motriz		1160 RPM Motriz		870 RPM Motriz		Designación de Largo de Banda 3VX						
	Motriz D.E.	Impuls. D.E.	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	Impuls. RPM	HP por Banda 3VX	250	300	355	400	450	500	560
1.92	3.15	6.00	1824	5.91	912	3.29	604	2.29	453	1.78	—	7.7	10.5	12.7	15.2	17.8	20.8
1.92	3.25	4.50	1800	3.20	904	1.92	600	1.25	450	1.05	7.0	9.6	12.2	14.6	17.1	19.6	22.6
1.95	3.35	6.50	1791	6.53	895	3.63	593	2.53	445	1.95	—	7.1	9.9	12.2	14.7	17.2	20.2
1.95	4.12	8.00	1792	8.81	896	4.91	594	3.41	445	2.63	—	—	8.0	10.3	12.8	15.4	18.4
2.01	5.30	10.60	1742	12.05	871	6.82	577	4.74	433	3.66	—	—	—	—	9.6	12.2	15.3

Figura Apéndice. 65 Elevador B64-141: Banda - Selección del catálogo [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. D 54)]

Determinar la potencia por banda

$$P_{\text{corregida}} = P_{\text{banda}} \cdot F_{\text{correc.}}$$

$$P_{\text{corregida}} = 3.63 \text{ HP} \cdot 0.94 \rightarrow P_{\text{corregida}} = 3.4 \text{ HP}$$

Determinar el número de bandas

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{P_{\text{diseño}}}{P_{\text{corregida}}}$$

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{7 \text{ HP}}{3.4 \text{ HP}}$$

$$N^{\circ} \text{ bandas} \approx 3$$

Seleccionar los bujes requeridos

No. de Parte	Diámetro		Tipo	Buje	Barreno Máximo del Buje	E	K	Largo Total del Barreno	M	Peso sin Buje
	DE	Paso 3V								
3 3V 250 JA	2.50	2.45	E-1	JA	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{15}{16}$	1.6
3 3V 265 JA	2.65	2.60	D-1	JA	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{13}{16}$	1.8
3 3V 280 JA	2.80	2.75	D-1	JA	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{13}{16}$	2.0
3 3V 300 SH	3.00	2.95	E-1	SH	1 $\frac{15}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	0	1 $\frac{15}{16}$	$\frac{9}{16}$	2.2
3 3V 315 SH	3.15	3.10	E-1	SH	1 $\frac{15}{16}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	1 $\frac{15}{16}$	$\frac{7}{8}$	2.5
3 3V 335 SH	3.35	3.30	D-1	SH	1 $\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{5}{16}$	$\frac{5}{8}$	2.8
3 3V 365 SH	3.65	3.60	D-1	SH	1 $\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{8}$	1 $\frac{7}{16}$	$\frac{7}{8}$	3.0
3 3V 412 SH	4.12	4.07	A-1	SH	1 $\frac{15}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	3.3
3 3V 450 SDS	4.50	4.45	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3.5
3 3V 475 SDS	4.75	4.70	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3.7
3 3V 500 SDS	5.00	4.95	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	4.0
3 3V 530 SDS	5.30	5.25	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	4.3
3 3V 560 SDS	5.60	5.55	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	4.9
3 3V 600 SDS	6.00	5.95	A-1	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	5.9
3 3V 650 SDS	6.50	6.45	A-3	SDS	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	1 $\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	6.3

Figura Apéndice. 66 Elevador B64-141: Banda - Selección de bujes [Fuente: (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2013, pág. D 7)]

▪ DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

Cambio de unidades

$$T_1 = (98.77 \text{ kg}) \cdot (5) \text{ kg}_f \times \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kg}_f} \rightarrow T_1 = 4844.66 \text{ N}$$

$$T_2 = 70.18 \text{ kg}_f \times \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kg}_f} \rightarrow T_2 = 688.46 \text{ N}$$

$$\emptyset_{\text{polea}} = 20 \text{ in} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in}} \rightarrow \emptyset_{\text{polea}} = 0.51 \text{ m}$$

Determinar la reacción en el Punto A

$$F_A = T_1 + T_2 \rightarrow F_A = 4844.66 \text{ N} + 688.46 \text{ N}$$

$$F_A = 5533.12 \text{ N}$$

Determinar el torque en el sistema

$$T = (T_1 - T_2) \cdot \emptyset_{\text{polea}} \rightarrow T = (4844.66 \text{ N} - 688.46 \text{ N}) \cdot \frac{0.51 \text{ m}}{2}$$

$$T = 1059.83 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Análisis del plano XY

$$\curvearrow \Sigma M_o = 0$$

$$-F_A \cdot 355.6 \text{ mm} + F_{By} \cdot 711.2 \text{ mm} = 0$$

$$F_{By} = \frac{F_A \cdot 355.6 \text{ mm}}{711.2 \text{ mm}} = \frac{5533.12 \cdot 355.6 \text{ mm}}{711.2 \text{ mm}}$$

$$F_{By} = 2766.56 \text{ N}$$

Análisis del plano XZ

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$F_{Oy} + F_{By} - F_A = 0$$

$$F_{Oy} = F_A - F_{By} = 5533.12 \text{ N} - 2766.56 \text{ N}$$

$$F_{Oy} = 2766.56 \text{ N}$$

Sección crítica

$$M_{A(XY)} = F_A \cdot 355.6 \text{ mm}$$

$$M_{A(XY)} = (2766.56 \text{ N}) \cdot (355.6 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$M_{A(XY)} = 983.79 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Determinar el límite a la fatiga

Tabla E-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono

Datos de varias fuentes. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de material para mayor información

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación remanente)		Resistencia última a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1010	rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
	rolado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	rolado en caliente	30	207	55	379	25	111
	rolado en frío	57	393	68	469	15	131

Figura Apéndice. 67 Elevador B64-141: Eje - Selección del material [Fuente: (Norton, 2011, pág. 990)]

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814

Figura Apéndice. 68 Elevador B64-141: Eje - Factor de confiabilidad [Fuente: (Norton, 2011, pág. 265)]

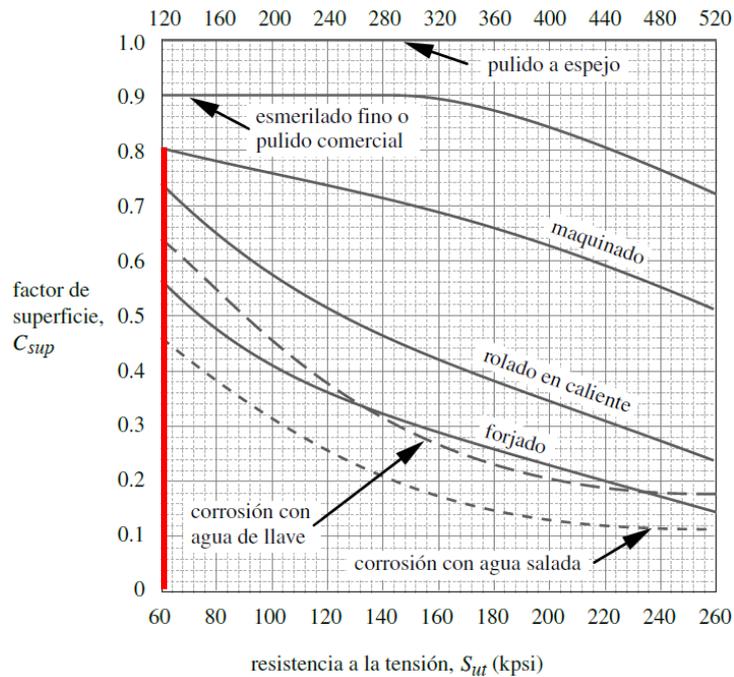


Figura Apéndice. 69 Elevador B64-141: Eje - Factor de superficie [Fuente: (Norton, 2011, pág. 262)]

AISI 1020: rolado en caliente

$$\begin{cases} S_y = 207 \text{ MPa} = 30 \text{ kpsi} \\ S_{ut} = 379 \text{ MPa} = 55 \text{ kpsi} \end{cases}$$

$$C_{CA} = 1 ; \text{ Von Misses}$$

$$C_{TA} = 1 ; \text{ Valor Asumido}$$

$$C_{SU} = 0.8 ; \text{ Maquinado}$$

$$C_{TE} = 1 ; \text{ Temp. Ambiente}$$

$$C_{R(90\%)} = 0.897$$

$$S_e' = \begin{cases} 0.5 \cdot S_{ut} ; S_{ut} < 200 \text{ kpsi} \\ 100 \text{ kpsi} ; S_{ut} \geq 200 \text{ kpsi} \end{cases}$$

$$S_f = S_e = C_{CA} \cdot C_{TA} \cdot C_{TE} \cdot C_{SU} \cdot C_{R(90\%)} \cdot S_e'$$

$$S_f = S_e = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 0.897 \cdot [0.5 \cdot 379 \text{ MPa}]$$

$$S_f = 135.98 \text{ MPa}$$

Determinar los concentradores

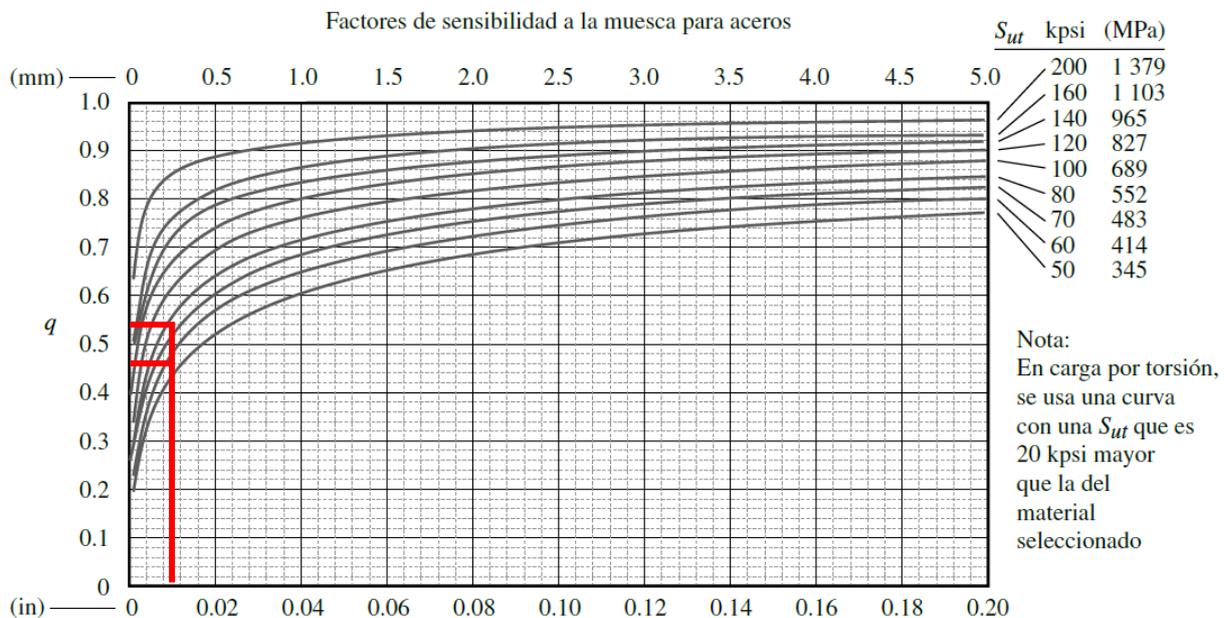


Figura Apéndice. 70 Elevador B64-141: Eje - Factor de sensibilidad [Fuente: (Norton, 2011, pág. 274)]

Chaveta

$$\begin{cases} k_t = 4; \text{ Flexión} \\ k_{ts} = 4; \text{ Torsión} \end{cases}$$

Punto A

$$\begin{aligned} k_f &= 1 + q \cdot (k_t - 1) \\ k_f &= 1 + (0.46) \cdot (4 - 1) \\ k_f &= 2.38 \end{aligned}$$

Punto B

$$\begin{aligned} k_f &= 1 + q \cdot (k_t - 1) \\ k_f &= 1 + (0.46) \cdot (3.5 - 1) \\ k_f &= 2.15 \end{aligned}$$

Hombro

$$\begin{cases} k_t = 3.5; \text{ Flexión} \\ k_{ts} = 2.0; \text{ Torsión} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} k_{fs} &= 1 + q \cdot (k_{ts} - 1) \\ k_{fs} &= 1 + (0.54) \cdot (4 - 1) \\ k_{fs} &= 2.62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{fs} &= 1 + q \cdot (k_{ts} - 1) \\ k_{fs} &= 1 + (0.54) \cdot (2.0 - 1) \\ k_{fs} &= 1.54 \end{aligned}$$

Sensibilidad

$$q = \begin{cases} 0.46; \text{ Flexión} \\ 0.54; \text{ Torsión} \end{cases}$$

Determinar el diámetro en el Punto A

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot \eta_{F.S.}}{\pi} \cdot \left[\frac{\sqrt{(k_f \cdot M_a)^2 + \frac{3}{4} \cdot (k_{fs} \cdot T_a)^2}}{S_f} + \frac{\sqrt{(k_{fm} \cdot M_m)^2 + \frac{3}{4} \cdot (k_{fsm} \cdot T_m)^2}}{S_{ut}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_A = \left\{ \frac{32 \cdot 1.5}{\pi} \cdot \left[\frac{\sqrt{(2.38 \cdot 983.79 \text{ N} \cdot \text{m})^2}}{135.98 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{\frac{3}{4} \cdot (2.62 \cdot 1059.83 \text{ N} \cdot \text{m})^2}}{379 \text{ MPa}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_A \approx 72 \text{ mm}$$

Determinar el diámetro en el Punto B

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot \eta_{F.S.}}{\pi} \cdot \left[\frac{\sqrt{(k_f \cdot M_a)^2 + \frac{3}{4} \cdot (k_{fs} \cdot T_a)^2}}{S_f} + \frac{\sqrt{(k_{fm} \cdot M_m)^2 + \frac{3}{4} \cdot (k_{fsm} \cdot T_m)^2}}{S_{ut}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_B = \left\{ \frac{32 \cdot 1.5}{\pi} \cdot \left[\frac{\sqrt{(2.15 \cdot 0 \text{ N} \cdot \text{m})^2}}{135.98 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{\frac{3}{4} \cdot (1.54 \cdot 1059.83 \text{ N} \cdot \text{m})^2}}{379 \text{ MPa}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_B \approx 40 \text{ mm}$$

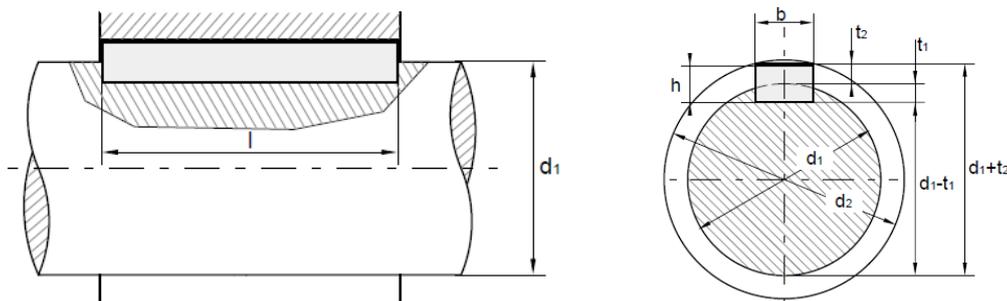
▪ **DISEÑO DE LA CHAVETA PARA LA POLEA**

Tabla E-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono

Datos de varias fuentes. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de material para mayor información

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación remanente)		Resistencia última a la tensión		Elongación en 2 in	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1010	rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
	rolado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	rolado en caliente	30	207	55	379	25	111
	rolado en frío	57	393	68	469	15	131

Figura Apéndice. 71 Elevador B64-141: Chaveta - Selección del material [Fuente: (Norton, 2011, pág. 990)]



b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22											
h	2	3	4	3	5	4	6	5	7	6	8	6	8	9	7	10	7	11	8	12	9	14		
d1	>	6	8	10	12	12	17	17	22	22	30	30	38	38	44	44	50	50	58	58	65	65	75	75
	≤	8	10	12	17	17	22	22	30	30	38	38	44	44	50	50	58	58	65	65	75	75	85	85

Figura Apéndice. 72 Elevador B64-141: Chaveta - Selección de dimensiones [Fuente: (OPAC COMPONENTS, 2019, pág. 5)]

Análisis por cortante puro

$$\tau = \frac{S_{sy}}{\eta_{cp}} ; \tau = \frac{F}{b \cdot L}$$

$$\frac{S_{sy}}{\eta_{cp}} = \frac{F}{b \cdot L} \rightarrow \frac{0.5 \cdot S_y}{\eta_{cp}} = \frac{T}{r_{eje} \cdot b \cdot L}$$

$$L = \frac{\eta_{cp} \cdot T}{0.5 \cdot S_y \cdot r_{eje} \cdot b}$$

$$L = \frac{5 \cdot 1059.83 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.5 \cdot 179 \text{ MPa} \cdot \frac{72 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} \cdot 20 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$L \approx 83 \text{ mm}$$

Análisis por aplastamiento

$$\eta_{ap} = \frac{S_y \cdot h \cdot r_{eje} \cdot L}{2 \cdot T} \rightarrow \eta_{ap} = \frac{179 \text{ MPa} \cdot 12 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \frac{72 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} \cdot 83 \times 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot 1059.83 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

$$\eta_{ap} = 3$$

Tabla Apéndice. 16 Elevador B64-141: Chaveta – Dimensiones [Fuente: Elaboración propia]

Característica	Valor
Longitud	83 mm
Ancho	20 mm
Alto	12 mm

▪ SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) L_{10h} $\times 10^3 \text{ h}$				
	~4	4~12	12~30	30~60	60~
Máquinas usadas por periodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones domésticas • Herramientas de mano eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria agrícola • Equipos de oficina 			
Utilización durante periodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos médicos • Instrumentos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de acondicionadores de aire residenciales • Equipos de construcc. • Elevadores • Grúas 	<ul style="list-style-type: none"> • Grúas (Poleas) 		

Figura Apéndice. 73 Elevador B64-141: Rodamientos - Clasificación del servicio [Fuente: (New Technology Network, 2004, pág. A 19)]

Determinar la carga equivalente dinámica

$$P_r = x \cdot F_r + y \cdot F_a ; \quad x = 1, y = 0$$

$$P_r = 1 \cdot 2766.56 \text{ N}$$

$$P_r = 2766.56 \text{ N}$$

Determinar la carga dinámica radial requerida

$$C_r = \left[\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot N_{polea}}{10^6} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot P_r$$

$$C_r = \left[\frac{12 \times 10^3 \text{ h} \cdot 60 \cdot 15 \text{ rpm}}{10^6} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot 2766.56 \text{ N}$$

$$C_r = 6.12 \text{ kN}$$

	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			f_0	r.p.m.							
	d	D	B	$r_{s \min}^{1)}$	$r_{NS \min}$	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		grasa	aceite	LLH	LLU	tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque
									tipo abierto	tipo abierto			ZZ	LLB	Z	LB		
40	52	7	0.3	0.3	5.10	4.40	520	445	16.3	12 000	14 000	—	6 700	6808	ZZ	LLB	—	LLU
	62	12	0.6	0.5	12.2	8.90	1 240	910	15.8	11 000	13 000	—	6 300	6908	ZZ	LLB	—	LLU
	68	9	0.3	—	12.6	9.65	1 290	985	16.0	10 000	12 000	—	—	16008	—	—	—	—
	68	15	1	0.5	16.8	11.5	1 710	1 170	15.2	10 000	12 000	7 300	6 100	6008	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	18	1.1	0.5	29.1	17.8	2 970	1 820	14.0	8 700	10 000	6 700	5 600	6208	ZZ	LLB	LLH	LLU

Figura Apéndice. 74 Elevador B64-141: Rodamientos - Selección del catálogo [Fuente: (New Technology Network, 2004, pág. B 12)]

Tabla Apéndice. 17 Elevador B64-141: Rodamientos - Características [Fuente: Elaboración propia]

Característica	Valor
Número	6908
Carga Dinámica Radial	12.2 kN
Carga Estática Radial	8.90 kN

SELECCIÓN DEL ACOUPLE

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, martinets, 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

Figura Apéndice. 75 Elevador B64-141: Acople - Factor de servicio [Fuente: (INTERMEC S.A., 2016, pág. 7)]

Definir la potencia de diseño

$$P_{\text{diseño - acople}} = P_{\text{motor}} \cdot F_{\text{servicio}}$$

$$P_{\text{diseño - acople}} = 5 \text{ HP} \cdot 1.5$$

$$P_{\text{diseño - acople}} = 7.5 \text{ HP}$$

Ref.	Revoluciones por minuto para Acoples Tipo Cadena Intermecc																			
	10	25	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	1800	2000	2500	3000	3600	4000	4800
35-18	0,24	0,61	1,2	1,65	2,2	2,6	3	3,3	3,7	4,5	5,6	6,5	7,8	8,9	9,5	11	12	13	13	13
40-18	0,44	1,1	2,2	2,97	3,9	4,7	5,4	5,9	6,7	7,9	10	12	14	16	17	20	21	23	23	23
50-16	0,86	2,1	4,1	5,7	7,5	8,8	9,9	11	12	15	19	22	26	30	32	37	40	43		
50-18	1	2,6	5,6	7,2	9,3	11,2	13,3	14	16	19	24	28	34	38	41	47	51			
60-18	2	4,9	9,8	13	18	21,6	24	27	30	35	45	52	63	72	77	89				
60-22	2,9	7,4	15	21	27	32	36	40	45	54	68	78	94	107	115	133				
80-18	4,4	11	22	31	39	47	54	59	67	80	101	116	141	160	171					
80-22	6,5	16	33	45	60	71	80	89	100	119	151	174	210	239	256					
100-20	9,9	25	49	68	90	107	122	134	151	179	228	261	316	360						
120-20	22	55	111	154	202	242	274	302	339	404	514	589								
160-20	48	120	239	330	436	520	591	651	730	871	1107									
200-18	65	166	331	459	604	723	820	903	1012	1209										
200-20	100	249	496	687	906	1083	1228	1352	1516											
Lubricación	1	2		3						1. Intervalo de Lubricación: una vez al mes 2. Intervalo de Lubricación: una vez a la semana, se recomienda utilizar carcaza 3. Es imprescindible el uso de carcaza (cubierta) con abundante lubricación.										

Figura Apéndice. 76 Elevador B64-141: Acople - Selección potencia de diseño [Fuente: (INTERMEC S.A., 2016, pág. 7)]

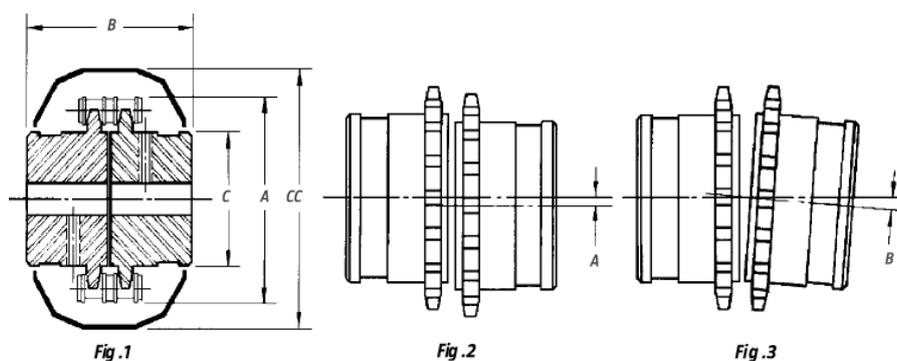


Figura Apéndice. 77 Elevador B64-141: Acople - Dimensiones generales [Fuente: (INTERMEC S.A., 2016, pág. 6)]

Referencia	Huevo máximo permisible mm	Dimensiones principales en milímetros (fig. 1)				Desalineamiento máximo permisible (figs. 2 y 3)		RPM máximas sin carcaza	RPM máximas con carcaza oleoactuante
		A	Con carcaza cc	B	C	Paralelo A mm	Angular B grados		
C35-18	31	63	73	56	43	0,20	1,5°	1200	4800
C40-18	41	84	95	70	59	0,27	2°	1000	4500
C50-16	43	95	112	100	63	0,30	2°	800	4000
C50-18	45	105	123	100	73	0,30	2°	800	3600
C60-18	57	127	142	125	88	0,35	2°	600	3000
C60-22	76	151	165	125	115	0,35	2°	500	2500
C80-18	80	168	186	140	115	0,40	2°	500	2000
C80-22	95	202	225	155	142	0,40	2°	400	1900

Figura Apéndice. 78 Elevador B64-141: Acople - Selección del modelo [Fuente: (INTERMEC S.A., 2016, pág. 6)]

APÉNDICE G

SELECCIÓN DE LA BANDA MAGNÉTICA



Model	Applicable Belt Width (MM)	Suspension Height(MM)	Magnetic field strength of Suspension Height(GS)	Motor Power (KW)	Dimensions(MM)			Weight(KG)	Work time
					L	W	H		
RCYD-5	500	150	≥ 700	1.5	1980	910	732	715	Continuous
RCYD-6	650	200	≥ 700	1.5	2250	1060	732	890	Continuous

Figura Apéndice. 79 Banda BT04: Especificaciones - Modelo RCYD6 [Fuente (Fushun Ejet Magnetic Equipment Co.,Ltd, 2021)]

▪ ESTRUCTURA DE LA BANDA MAGNÉTICA

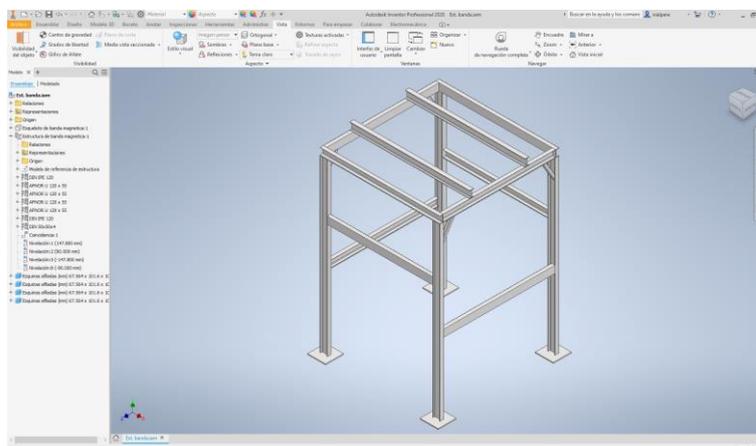


Figura Apéndice. 80 Banda BT04: Estructura - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

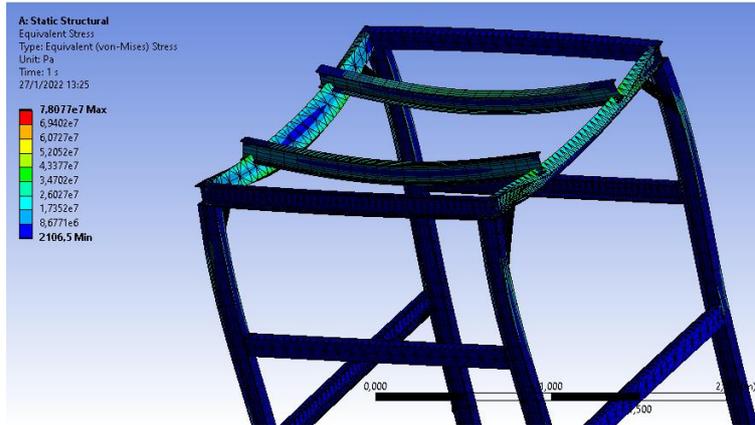


Figura Apéndice. 81 Banda BT04: Estructura - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

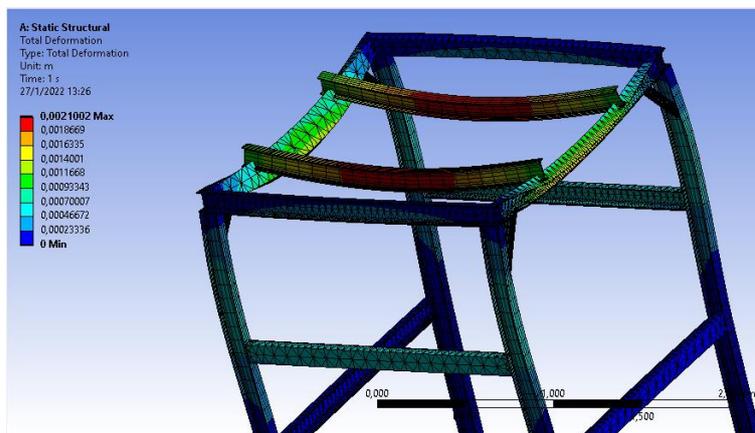


Figura Apéndice. 82 Banda BT04: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

APÉNDICE H

SELECCIÓN DE LA CRIBA VIBRATORIA



Product Name	Model No.	Picture	Detail Descriptions
Vibrating screen	YK0918		<ol style="list-style-type: none"> 1. Screen size: 900*1800mm 2. Capacity: 5tph 3. Power: 2.2kw 4. Screen layers: 1 5. Screen mesh size: 40mm

Figura Apéndice. 83 Criba Vibratoria: Especificaciones - Modelo YK0918 [Fuente: (Jiangxi Shicheng Mine Machinery Factory, 2021)]

▪ ESTRUCTURA DE LA CRIBA VIBRATORIA

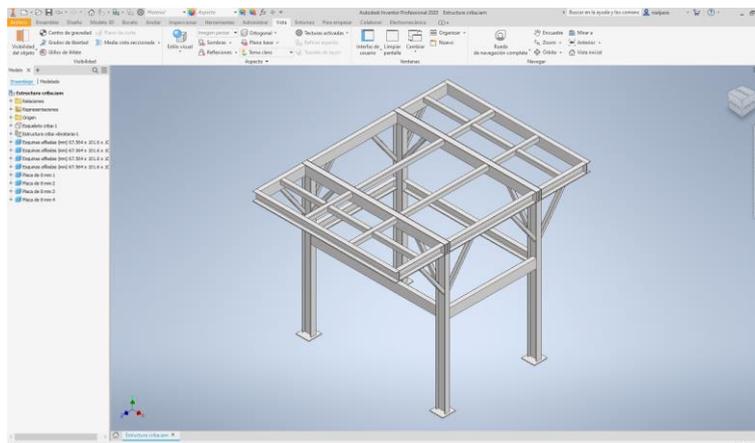


Figura Apéndice. 84 Criba Vibratoria: Estructura - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

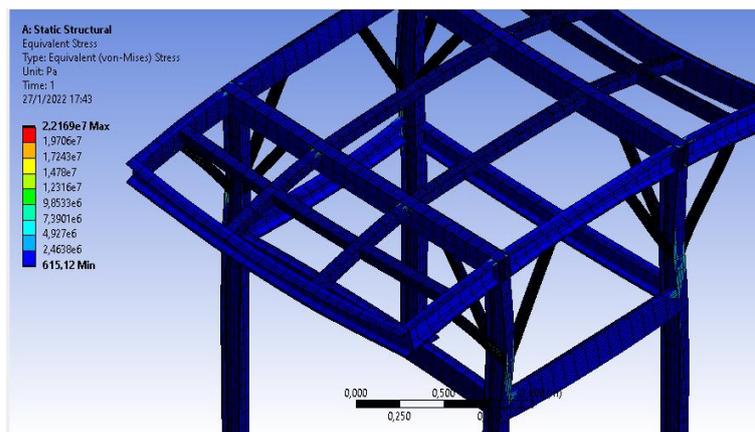


Figura Apéndice. 85 Criba Vibratoria: Estructura - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

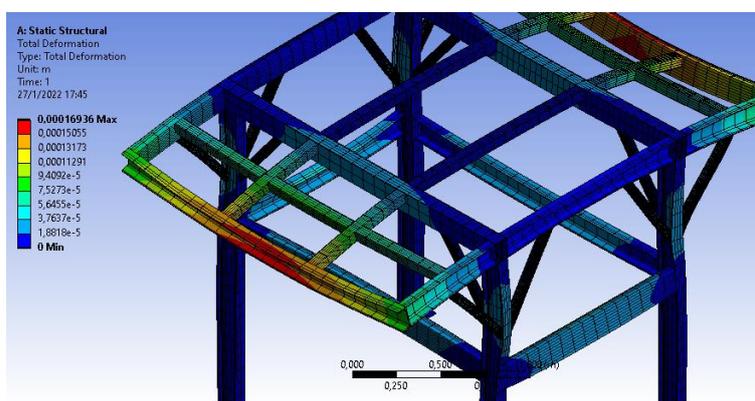


Figura Apéndice. 86 Criba Vibratoria: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

APÉNDICE I

SELECCIÓN DEL MOLINO DE MARTILLOS

Model	PC200X300	
Input size(mm)	<100	
Output size(mm)	<15	
Capacity (TPH)	1-5	
Power (kw)	5.5	
Machine weight	850kg	
Dimension	1200x850x1100mm	

Figura Apéndice. 87 Molino de Martillos: Especificaciones - Modelo PC200X300 [Fuente: (Henan Baichy Machinery Equipment Co., 2021)]



Hammer crusher

No.	Description	Unit	Specification
1	Model		PC400x400
2	Size of feeding opening	mm	145x450
3	Discharge range opening	mm	0-30
4	Max. feeding size	mm	100mm
5	Capacity	t/h	5-8
6	Power	Kw/Hp	7.5/10
7	Weight	Kg	1100
8	Dimension (LxWxH)	mm	844x942x878

Figura Apéndice. 88 Molino de Martillos: Especificaciones - Modelo PC400x400 [Fuente: (Nanjing Sinonine Heavy Industry Science & Technology Co., 2021)]

▪ ESTRUCTURA DEL MOLINO DE MARTILLOS

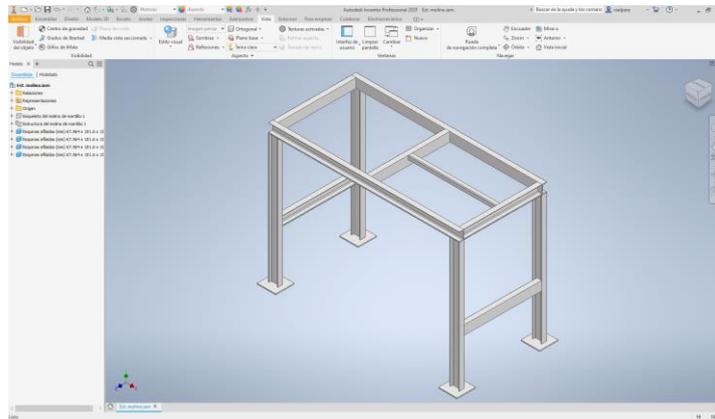


Figura Apéndice. 89 Molino de Martillos: Estructura - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

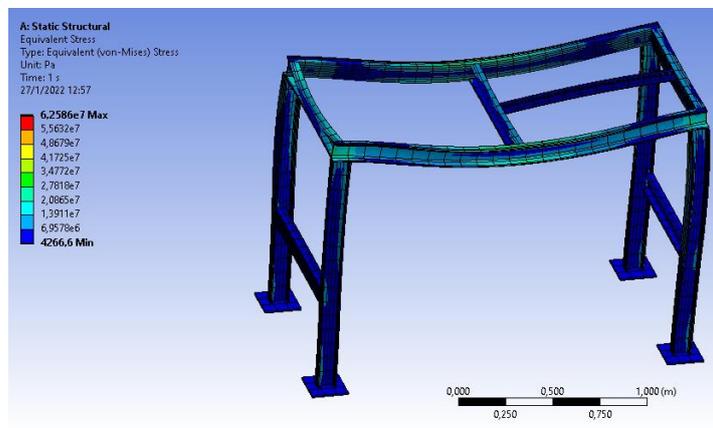


Figura Apéndice. 90 Molino de Martillos: Estructura - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

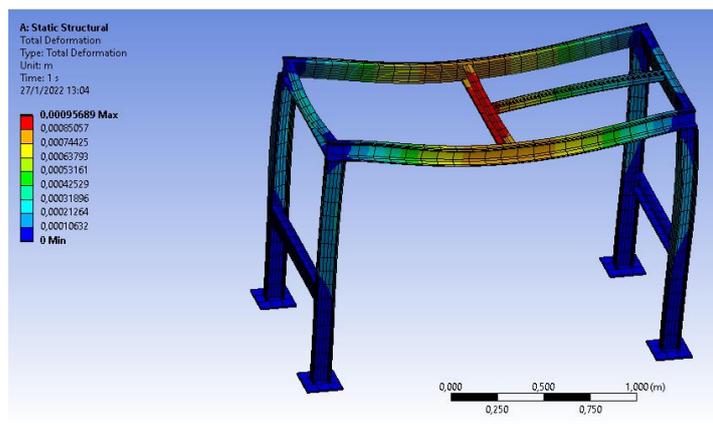


Figura Apéndice. 91 Molino de Martillos: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

APÉNDICE J

SELECCIÓN DE LA MÁQUINA DE CLASIFICACIÓN ÓPTICA



Brand	Hons+
ITEM.NO	SL41
Chutes:2,63 channels per chute,Total Channels:126	252
Full Color camera, doubleside,total: 4cameras	5400 pixel
Production Capacity(Per hour)	2.0 - 5.0 t/H
Color sorting accuracy	99% - 99.9%
Host power(kw)	≤3.0
Air Consumption(m³/min)	<3.0
Air pressure	0.6-0.8Mpa
Power supply (Voltage/HZ)	220V/50HZ
Package	wooden case
DIMENSION (L/W/H) AND WEIGHT	2920*1220*1720mm,2300±5% kg

Figura Apéndice. 92 Selector Óptico: Especificaciones - Modelo SL41 [Fuente: (Anhui Hongshi Optoelectronic High-tech Co., 2021)]

Details as following

MODEL	WYB4-256
Chutes(channels)	4(256)
Sorting accuracy(%)	≥99.9
Output(t/h)	4-6
Monophase Voltage	180-240V/50Hz/60Hz
Power supply(kw)	2.3
Work Air Pressure(Mpa)	0.2-0.5
Air consumption (L/min)	1000-2400
Air supply (Mpa)	0.6--1.0
Dimension(L*W*H) mm	2650*1910*1710
Weight(kgs)	1000
Package	flywood case
Package Size mm	2930*2130*2070



Figura Apéndice. 93 Selector Óptico: Especificaciones - Modelo WYB4-256 [Fuente: (Anhui Wen Yao Intelligent Photoelectronic Technology Co., 2021)]

▪ ESTRUCTURA DEL SELECTOR ÓPTICO

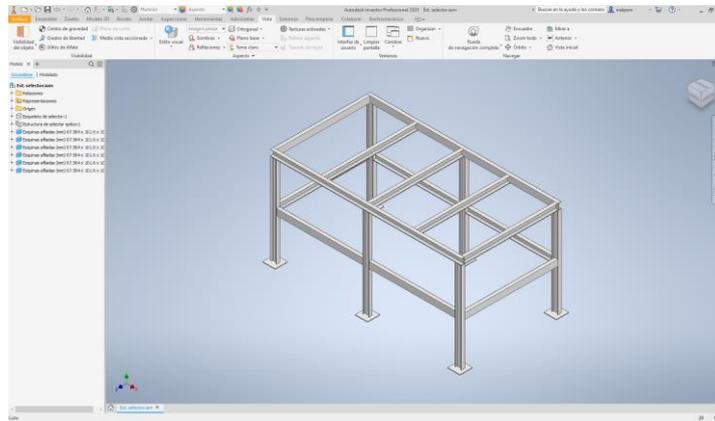


Figura Apéndice. 94 Selector Óptico: Estructura - Vista isométrica [Fuente: Elaboración Propia & Autodesk Inventor 2021]

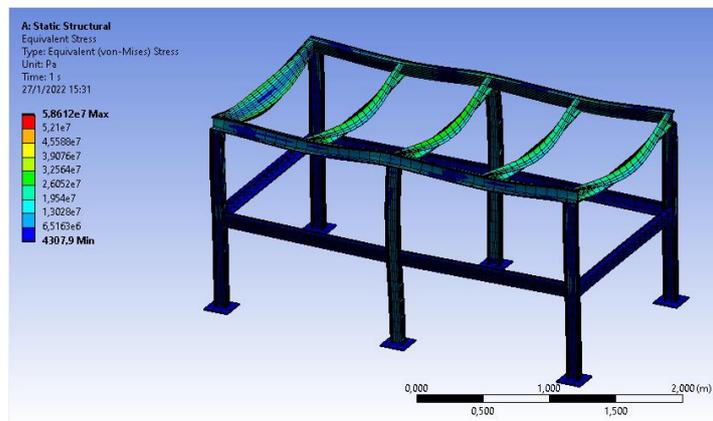


Figura Apéndice. 95 Selector Óptico: Estructura - Distribución de los esfuerzos [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

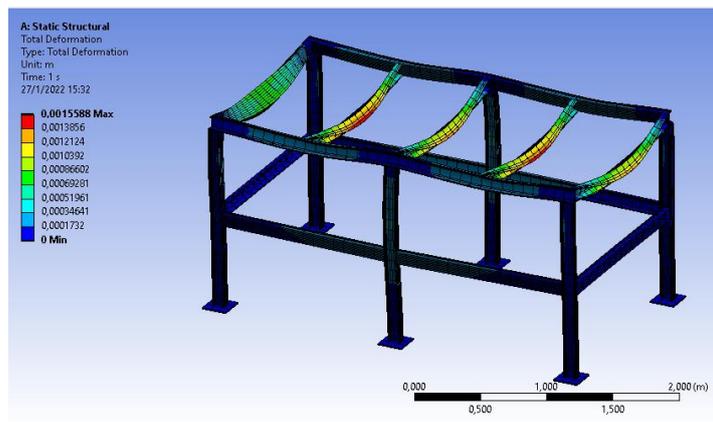
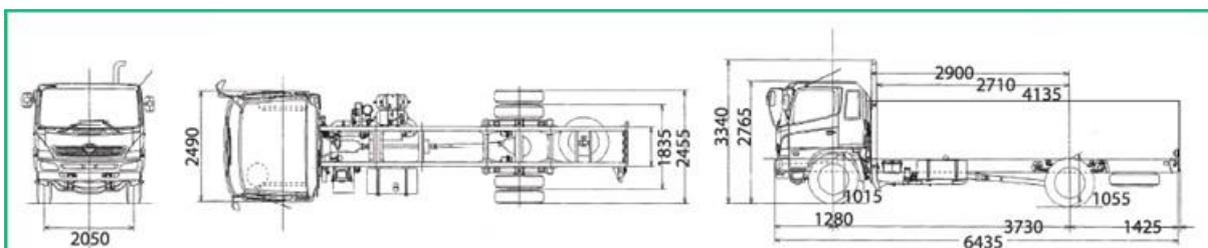


Figura Apéndice. 96 Selector Óptico: Estructura - Deformación total [Fuente: Elaboración Propia & Ansys Workbench 2021 R1]

APÉNDICE K

SELECCIÓN DE LA MAQUINARIA PARA EL TRASLADO DEL PRODUCTO



GH - Volqueta- Modelo 1828

PESOS

PESO BRUTO VEHICULAR	18000 Kg
PESO CHASIS	5195 Kg
CAPACIDAD	8M3

MOTOR

MODELO	J08E-WG
POTENCIA MÁXIMA	276 HP
REGIMEN MAX. POTENCIA	2500 RPM
TORQUE MÁXIMO	883Nm
REGIMEN MAX. TORQUE	1500 RPM
CILINDROS	6 EN LÍNEA
CILINDRAJE	7684 L
NORMA DE EMISIÓN	EURO 3
ASPIRACIÓN	TURBO INTERCOOLER
SISTEMA DE INYECCIÓN	DIRECTA

CAJA DE CAMBIOS

MODELO	M009
N° CAMBIOS (ADELANTE)	NUEVE
TRACCIÓN	4X2

EMBRAGUE

TIPO	MONODISCO SECO
DIÁMETRO	380 MM
CONTROL	HIDRÁULICO CON BOOSTER

EJES

CAPACIDAD EJE DELANTERO	ELLIOT INVERTIDO, I-BEAM/7000 Kg
CAPACIDAD EJE POSTERIOR	FLOTANTE CON REDUCTION SIMPLE/11000 Kg

FRENO DE SERVICIO

TIPO	FULL AIRE, S-CAM, TAMBOR Y ZAPATA
------	-----------------------------------

FRENO AUXILIAR

TIPO	FRENO DE ESCAPE
------	-----------------

FRENO DE PARQUEO

TIPO	AIRE
CONTROL	MECÁNICO

NEUMÁTICOS

DIMENSIONES	295/80R22.5
-------------	-------------

TANQUE DE COMBUSTIBLE

CAPACIDAD	320 L
-----------	-------

SISTEMA ELÉCTRICO

TIPO	24 VOLTIOS
------	------------

Figura Apéndice. 97 Volqueta GH Serie 500: Especificaciones - Modelo 1828 [Fuente: (Teojama Comercial, 2021)]

APÉNDICE L

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD FINANCIERA

Tabla Apéndice. 18 Costo directos - Equipos de producción 1 [Fuente: Elaboración propia]

Equipos de producción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tolvas de alimentación	2	\$ 8,500.00	\$ 17,000.00
Bandas transportadoras inclinadas	3	\$ 9,000.00	\$ 27,000.00
Banda transportadora horizontal	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Elevador de cangilones	1	\$ 9,500.00	\$ 9,500.00
Banda transportadora magnética	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Criba Vibratoria	1	\$ 7,258.00	\$ 7,258.00
Selector óptico	1	\$ 28,500.00	\$ 28,500.00
Molino de martillo	1	\$ 3,280.00	\$ 3,280.00
TOTAL			\$ 75,538.00

Tabla Apéndice. 19 Costos directos - Equipos de producción 2 [Fuente: Elaboración propia]

Maquinaria de producción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Cargador	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Volqueta	1	\$ 65,000.00	\$ 65,000.00
TOTAL			\$ 115,000.00

- **DETERMINAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA**

$$\text{Costos de maquinaria} = \text{Equipos 1} \cdot 1.2 + \text{Equipos 2}$$

$$\text{Costos de maquinaria} = \$75,538.00 \cdot 1.2 + \$115,000.00$$

$$\text{Costos de maquinaria} = \$90,645.60 + \$115,000.00$$

$$\text{Costos de maquinaria} = \$205,645.60$$

Tabla Apéndice. 20 Costos directos - Inversión en maquinaria [Fuente: Elaboración propia]

Costos de maquinaria	\$ 205,645.60
-----------------------------	---------------

Tabla Apéndice. 21 Costos directos - Mano de obra [Fuente: Elaboración propia]

Personal de obra	Cantidad	Días	Costo/h	Valor total
Supervisor	1	45	\$ 8.00	\$ 2,880.00
Técnicos	6	45	\$ 5.00	\$ 10,800.00
Soldadores	2	30	\$ 5.00	\$ 2,400.00
TOTAL				\$ 16,080.00

Tabla Apéndice. 22 Costos directos - Compra de vidrio desechado [Fuente: Elaboración propia]

Denominación	
Vidrio/tonelada	\$ 100.00
TOTAL, ANUAL	\$ 996,000.00

Tabla Apéndice. 23 Costos directos - Activos y urbanismo [Fuente: Elaboración propia]

Denominación	Valor total
Terreno	\$ 500,000.00
Mobiliaria	\$ 5,000.00
Equipos de oficina	\$ 4,000.00
Equipos de computación	\$ 5,000.00
TOTAL	\$ 514,000.00

Tabla Apéndice. 24 Costos directos - Resultados [Fuente: Elaboración propia]

Designación	Valor total
Maquinaria	\$ 205,645.60
Mano de obra	\$ 16,080.00
Adquisición de vidrio reciclado	\$ 996,000.00
Bienes, terreno, construcción e infraestructura	\$ 500,000.00
Asesoría	\$ 8,000.00
Equipos no previstos	\$ 5,000.00
Repuestos no previstos	\$ 5,000.00
TOTAL	\$ 1,749,725.60

Tabla Apéndice. 25 Costos indirectos - Personal 1 [Fuente: Elaboración propia]

Personal laboral 1	Cantidad	Costo/h	Costo/anual
Operadores	3	\$ 5.00	\$ 29,880.00
Conductores profesionales	2	\$ 6.00	\$ 23,904.00
Supervisor de área	1	\$ 7.00	\$ 13,944.00
Supervisor de calidad	1	\$ 7.00	\$ 13,944.00
Técnicos	4	\$ 5.00	\$ 39,840.00
TOTAL, ANUAL			\$ 121,512.00

Tabla Apéndice. 26 Costos indirectos - Personal 2 [Fuente: Elaboración propia]

Personal 2	Valor/mes	Valor total
Dpto. de Recursos Humanos	\$ 3,000.00	\$ 36,000.00
Dpto. de Logística	\$ 3,000.00	\$ 36,000.00
Dpto. de Ventas	\$ 2,500.00	\$ 30,000.00
Dpto. de Seguridad	\$ 1,500.00	\$ 18,000.00
TOTAL, ANUAL		\$ 120,000.00

Tabla Apéndice. 27 Costos indirectos - Beneficios laborales [Fuente: Elaboración propia]

Denominación	Costo/mes	Costo/anual
Seguro social	\$ 1,129.05	\$ 13,548.59
Seguro corporativo	\$ 2,000.00	\$ 24,000.00
Alimentación	\$ 1,867.50	\$ 22,410.00
TOTAL, ANUAL		\$ 59,958.59

Tabla Apéndice. 28 Costos indirectos - Estimación de consumo eléctrico [Fuente: Elaboración propia]

Equipos	Potencia [hP]	kW-h/año	Valor Total
Bandas transportadoras	37.5	\$ 100,268.46	\$ 10,026.85
Elevador de cangilones	5	\$ 13,369.13	\$ 1,336.91
Banda transportadora magnética	2	\$ 5,347.65	\$ 534.77
Criba Vibratoria	3	\$ 8,021.48	\$ 802.15
Selector óptico	3	\$ 8,021.48	\$ 802.15
Molino de martillo	7.5	\$ 20,053.69	\$ 2,005.37
TOTAL			\$ 15,508.19

Tabla Apéndice. 29 Costos indirectos - Aspectos de planta [Fuente: Elaboración propia]

Denominación	Valor/mes	Valor total
Mantenimiento	\$ 8,500.00	\$ 102,000.00

Tabla Apéndice. 30 Costos indirectos - Resultados [Fuente: Elaboración propia]

Designación	Valor total
Personal 1	\$ 121,512.00
Personal 2	\$ 120,000.00
Beneficios laborales	\$ 59,958.59
Planilla de energía	\$ 15,508.19
Aspectos de planta	\$ 102,000.00
TOTAL, AL AÑO	\$ 418,978.78

Tabla Apéndice. 31 Ingresos - Resultados [Fuente: Elaboración propia]

Denominación	Resultados	
	Vidrio mixto	Vidrio blanco
Material		
Porcentaje	70%	30%
Producción teórica [T/h]	3.50	1.50
Venta de vidrio [\$ vidrio/kg]	\$ 0.25	\$ 0.30
Ingreso [\$Vidrio/año]	\$ 1,743,000.00	\$ 896,400.00
Escenario de ingreso [Vidrio/año]	\$ 1,979,550.00	

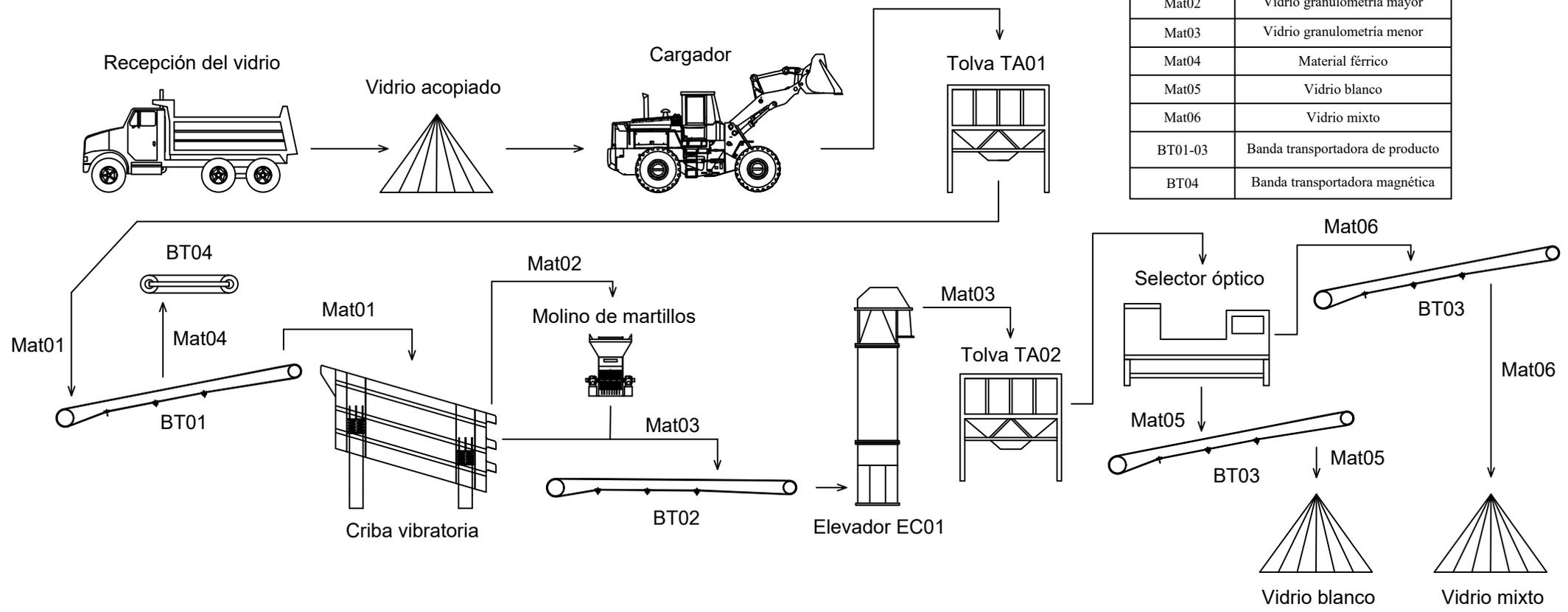
Tabla Apéndice. 32 Viabilidad del proyecto - Tabla de amortización [Fuente: Elaboración propia]

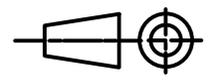
Año	Intereses	Cuota	Capital	Residuo capital
0		\$432,355.92		\$ 1,668,704.38
1	\$ 155,189.51	\$432,355.92	\$277,166.41	\$ 1,391,537.97
2	\$ 129,413.03	\$432,355.92	\$302,942.89	\$ 1,088,595.08
3	\$ 101,239.34	\$432,355.92	\$331,116.58	\$ 757,478.50
4	\$ 70,445.50	\$432,355.92	\$361,910.42	\$ 395,568.09
5	\$ 36,787.83	\$432,355.92	\$395,568.09	\$ -

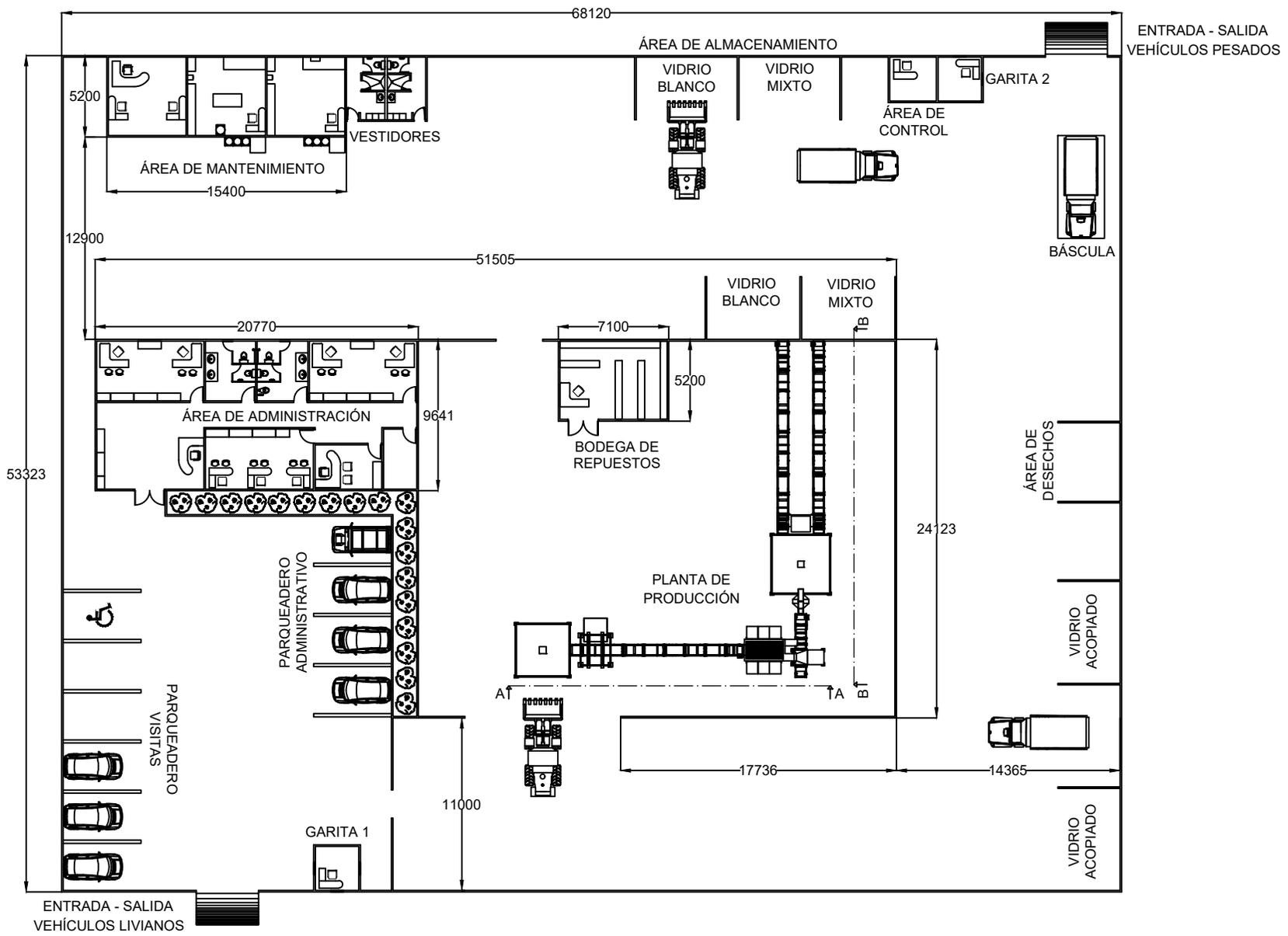
Tabla Apéndice. 33 Viabilidad del proyecto - Consideraciones [Fuente: Elaboración propia]

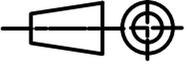
Designación	Resultados
Inversión	\$ 2,168,704.38
Ingreso	\$ 1,979,550.00
Inflación	2%
Costos	\$ 1,414,978.78
Tmar	8%
Impuestos a la renta	12%
Préstamo bancario	\$ 1,668,704.38
Tasa de crédito	9.30%
Período del plan y de depreciación	10
Período del préstamo	5
Costo de maquinaria	\$ 205,645.60
Valor de salvamento	\$ 50,000.00
Depreciación lineal	\$ 15,564.56
Tmar mixta	9.04%

SIMBOLOGÍA	
Código	Descripción
Mat01	Vidrio acopiado
Mat02	Vidrio granulometría mayor
Mat03	Vidrio granulometría menor
Mat04	Material férrico
Mat05	Vidrio blanco
Mat06	Vidrio mixto
BT01-03	Banda transportadora de producto
BT04	Banda transportadora magnética

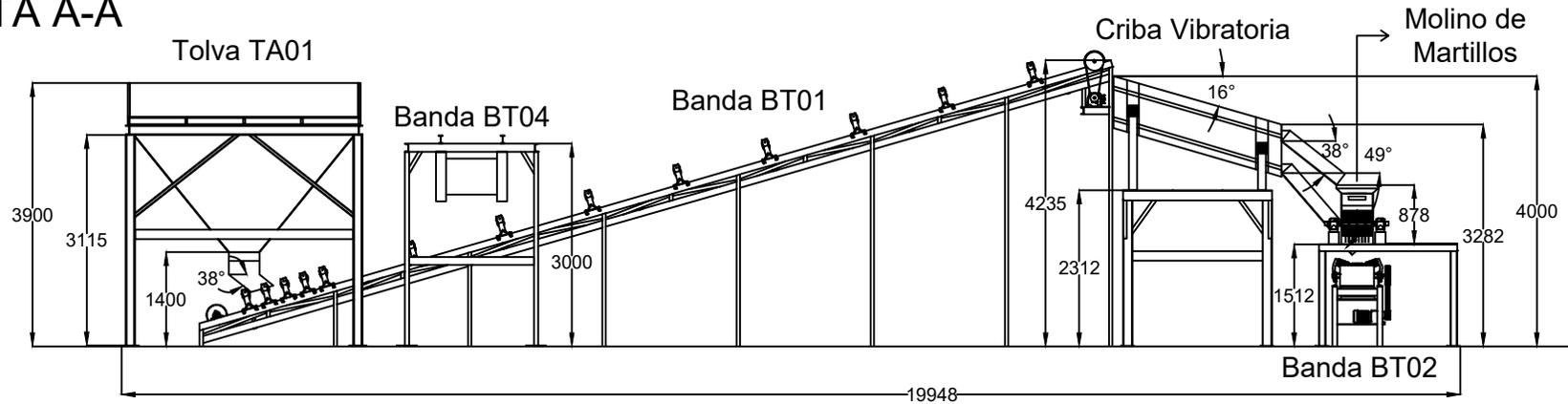


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	-
 MATERIA INTEGRADORA		Lámina:	N° 1
Escala: - II T, 2021	Planta de Producción - Diagrama de Flujo		

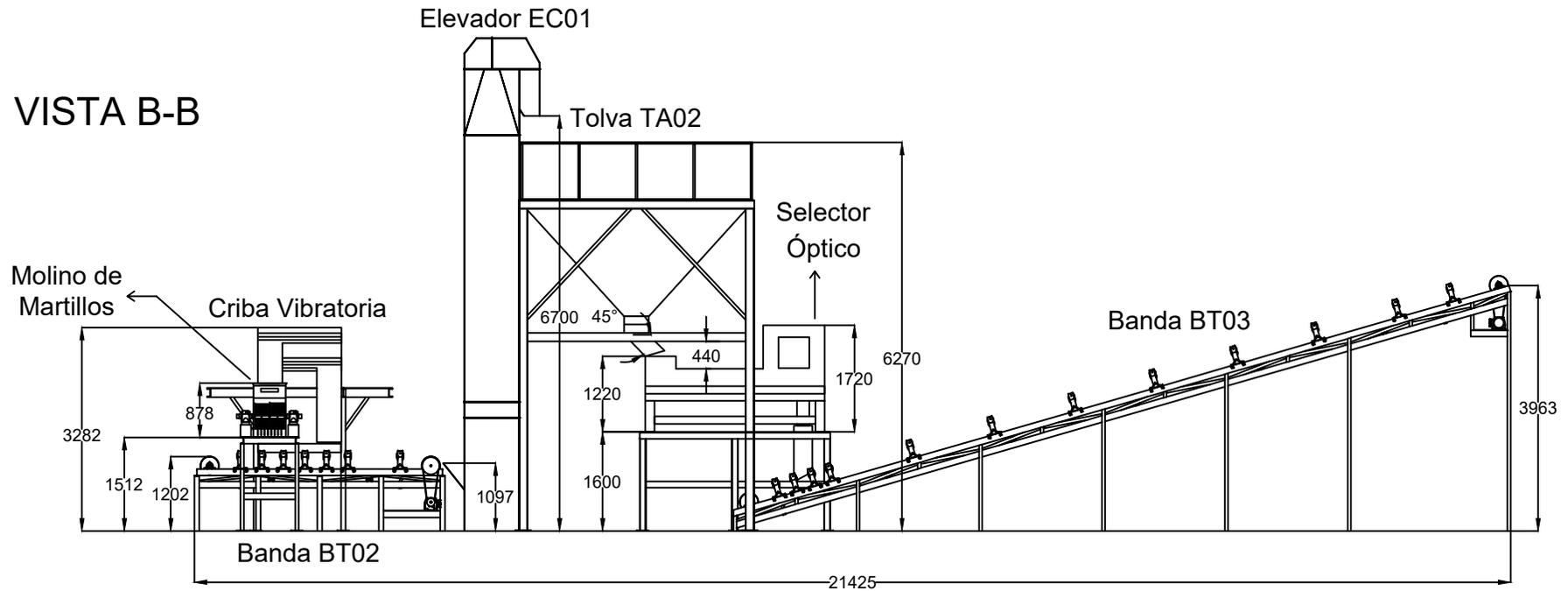


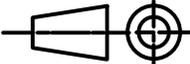
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
 Escala: - II T, 2021		Material:	-
		Materia Integradora:	MATERIA INTEGRADORA
Planta de Producción - Layout		Lámina:	Nº 2
			

VISTA A-A

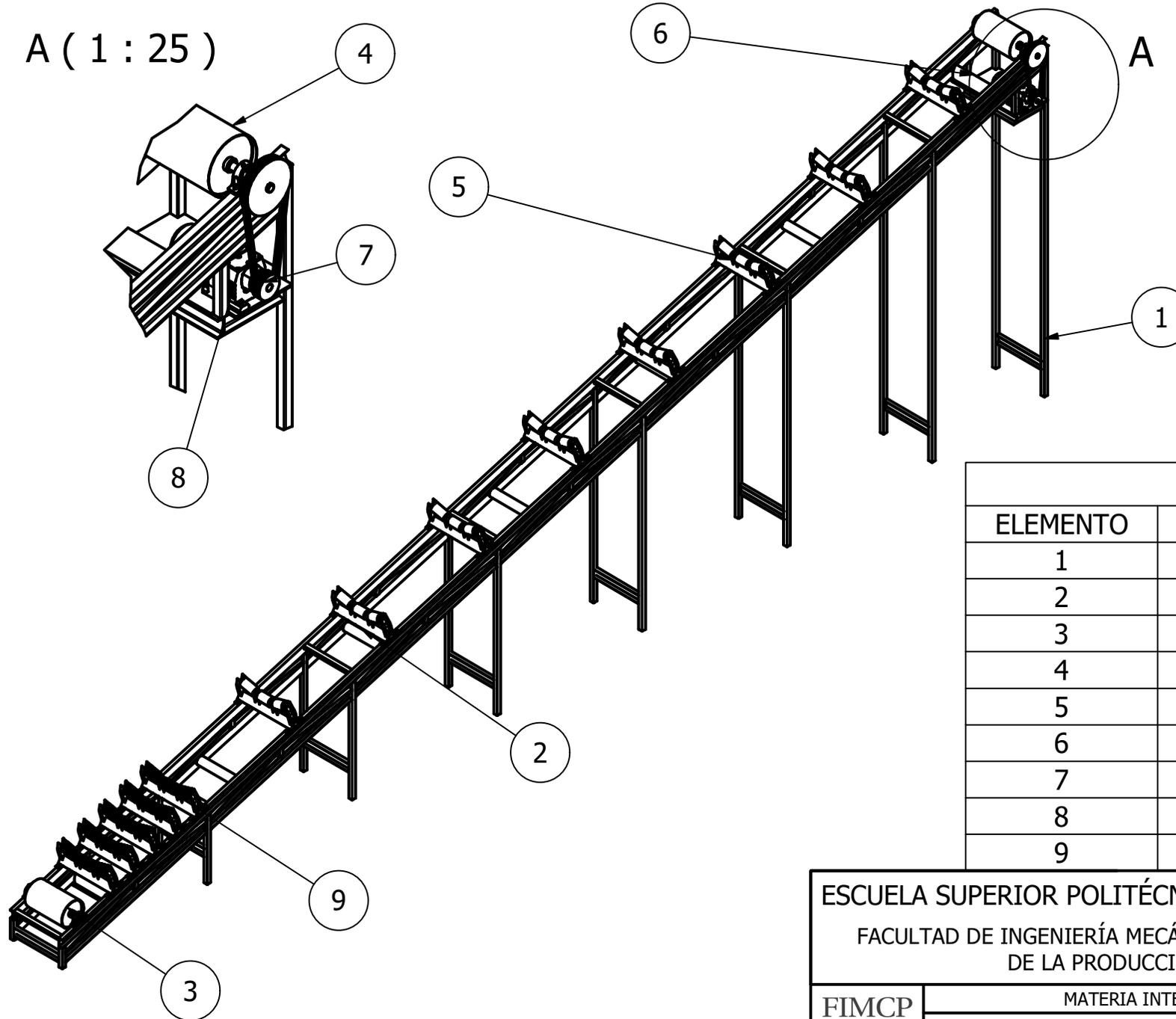


VISTA B-B



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	-
		Lámina:	N° 3
 <small>FIMCP</small> <small>Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción</small>	MATERIA INTEGRADORA		
Escala: - II T, 2021	Planta de Producción - Diseño Conceptual		

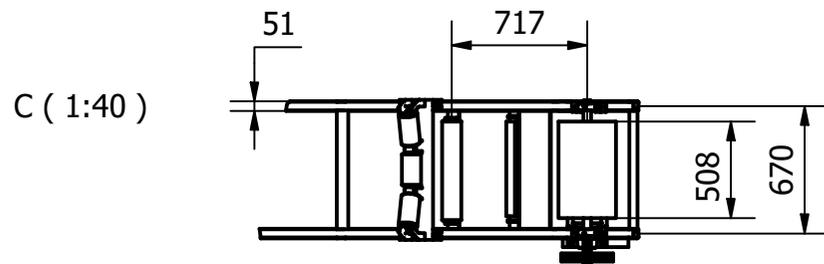
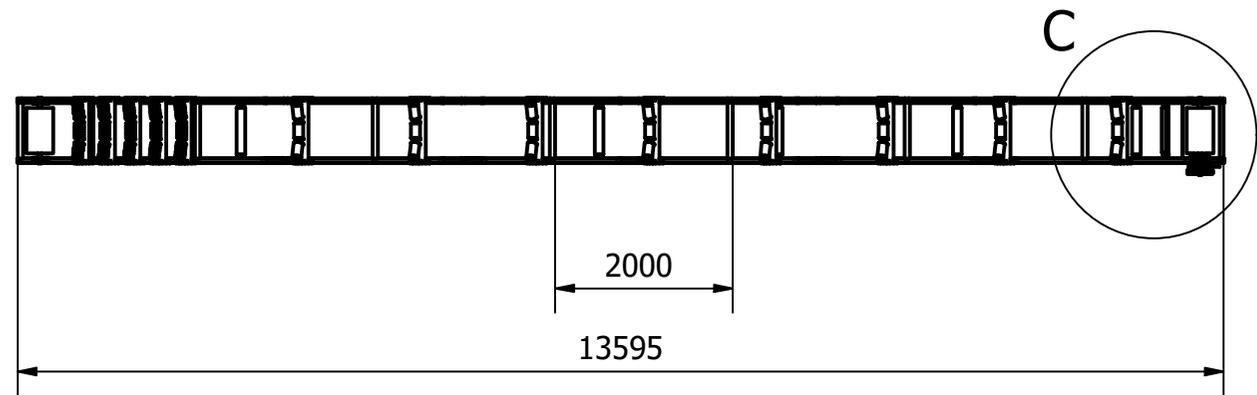
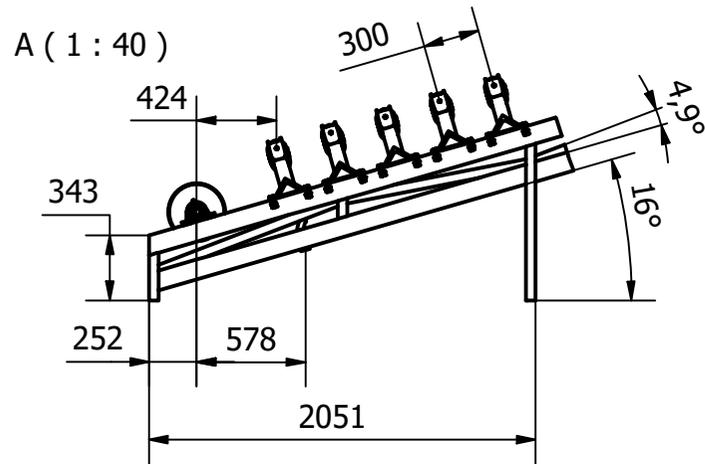
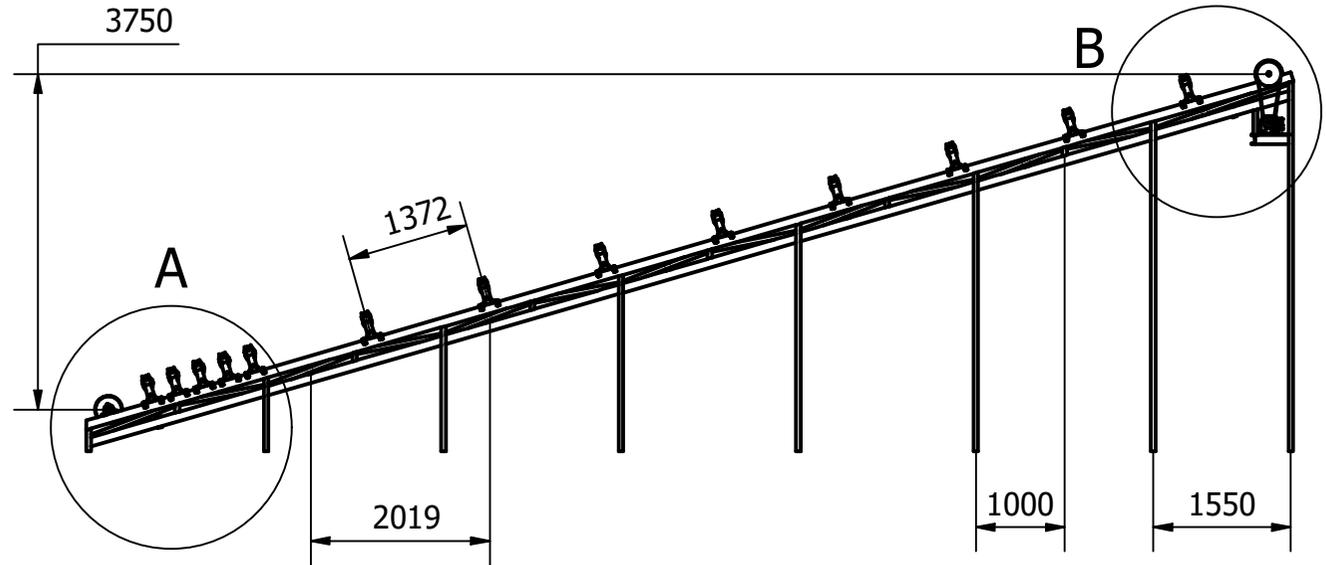
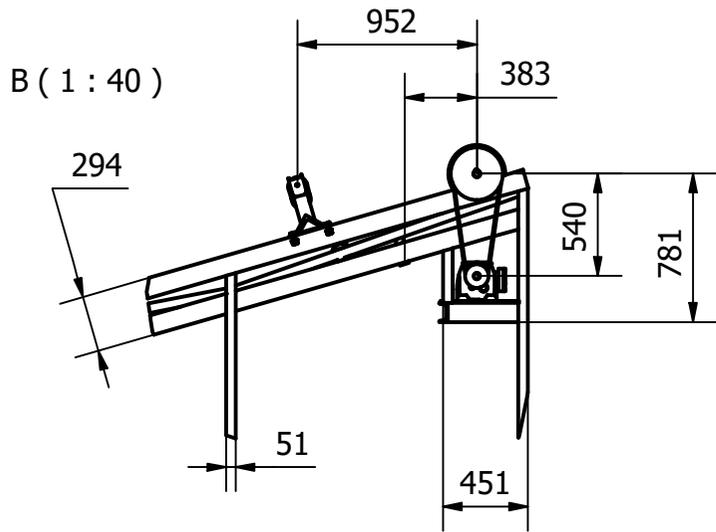
A (1 : 25)



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CANT.	Nº DE PIEZA
1	1	Estructura: BT01
2	6	Rodillo de retorno
3	1	Tambor de cola
4	1	Tambor motriz
5	8	Rodillo abarquillado 20º
6	2	Limpiador
7	1	Banda y polea BT01
8	1	Motorreductor
9	5	Rodillo de Impacto

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	Nº 4
Escala: 1:50 II T,2021	MATERIA INTEGRADORA		
Banda Transportadora BT01 - Elementos			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS
 DE LA PRODUCCIÓN

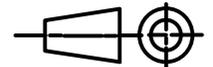
Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
Fecha:	10/01/2022
Material:	Acero
Lámina:	N° 5

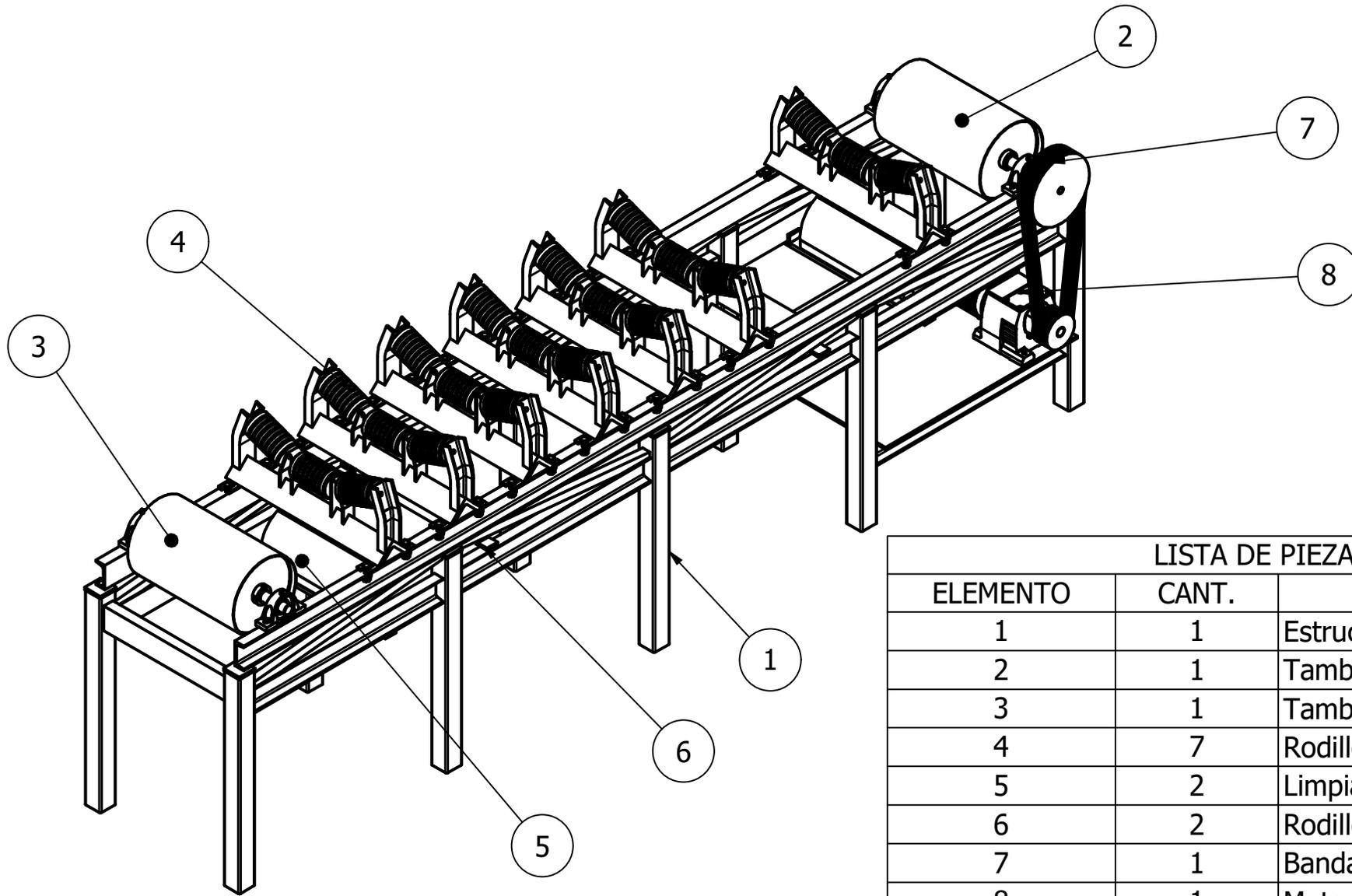
FIMCP
Facultad de Ingeniería en Mecánica
 y Ciencias de la Producción

Escala: 1:85
 II T, 2021

MATERIA INTEGRADORA

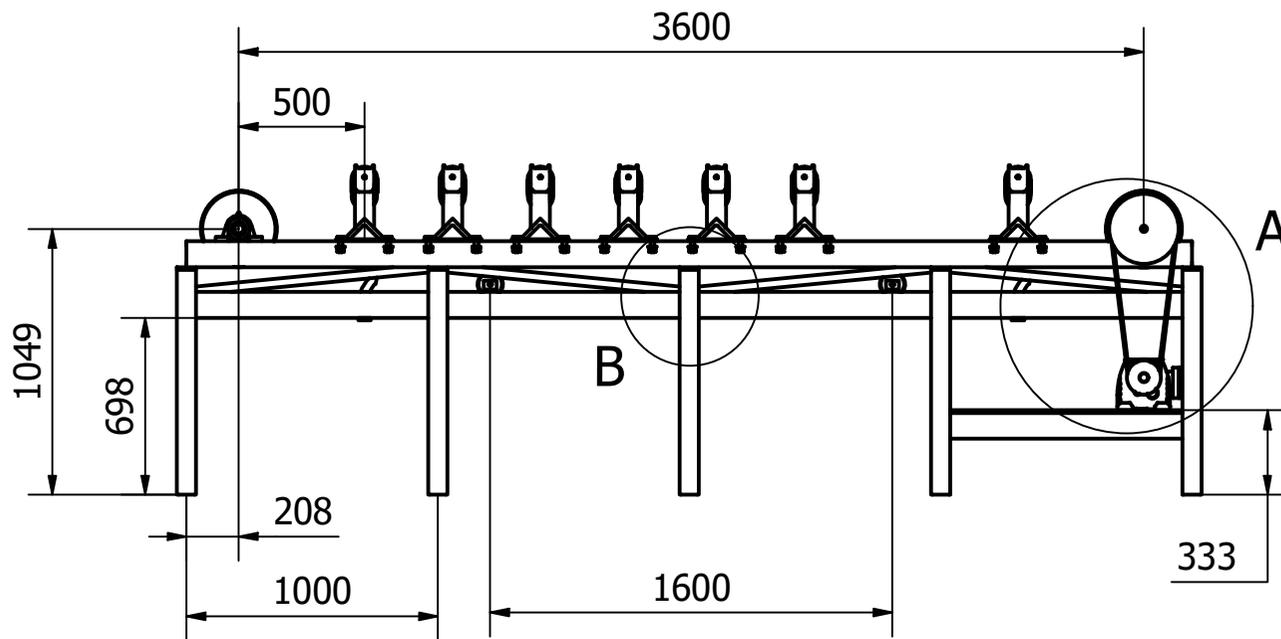
Banda Transportadora BT01 - Estructura



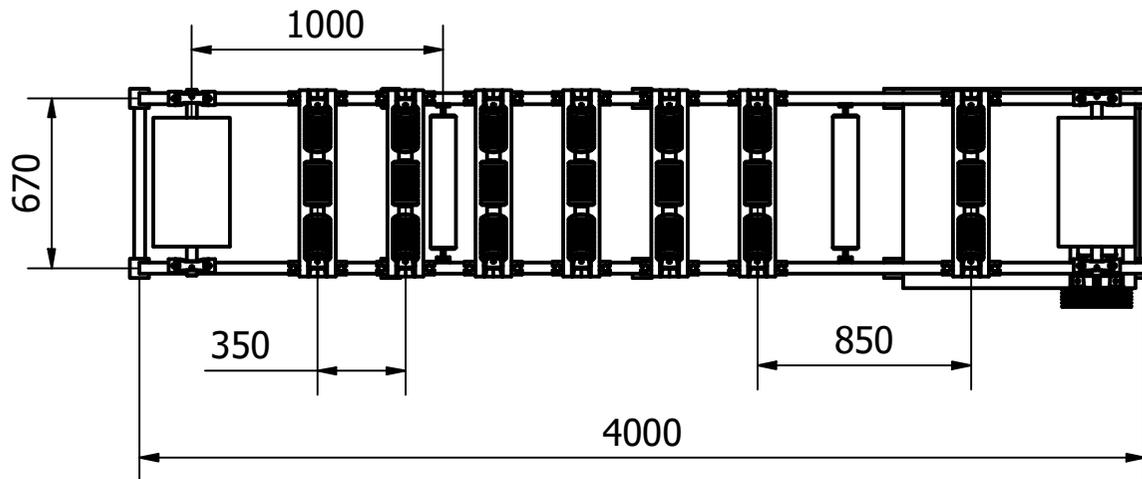
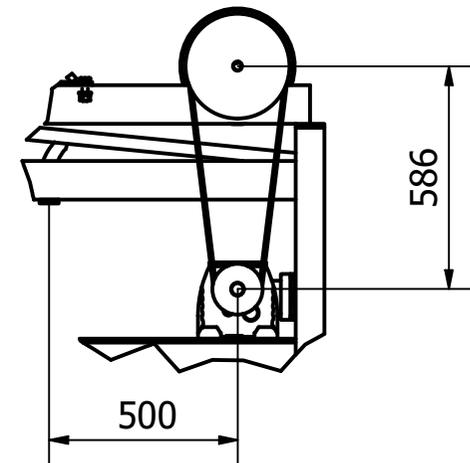


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANT.	Nº DE PIEZA
1	1	Estructura: BT02
2	1	Tambor motriz
3	1	Tambor de cola
4	7	Rodillo de Impacto
5	2	Limpiador
6	2	Rodillo de retorno
7	1	Banda y Polea BT02
8	1	Motorreductor

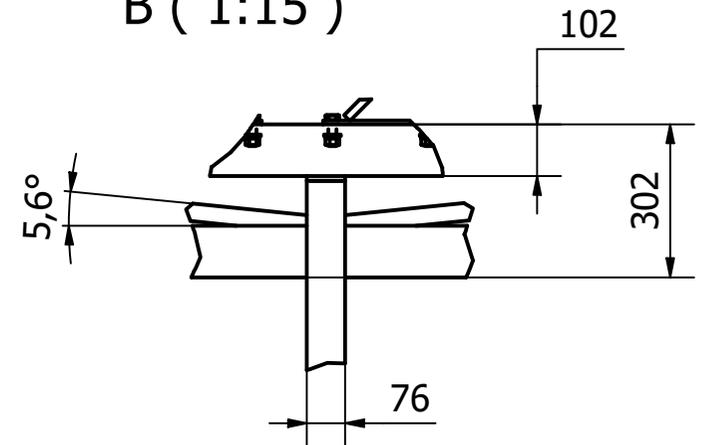
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	Nº 6
Escala: 1:20 II T, 2021	MATERIA INTEGRADORA Banda Transportadora BT02 - Elementos		



A (1 : 20)



B (1:15)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS
 DE LA PRODUCCIÓN

Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
Fecha:	10/01/2022
Material:	Acero
Lámina:	N° 7

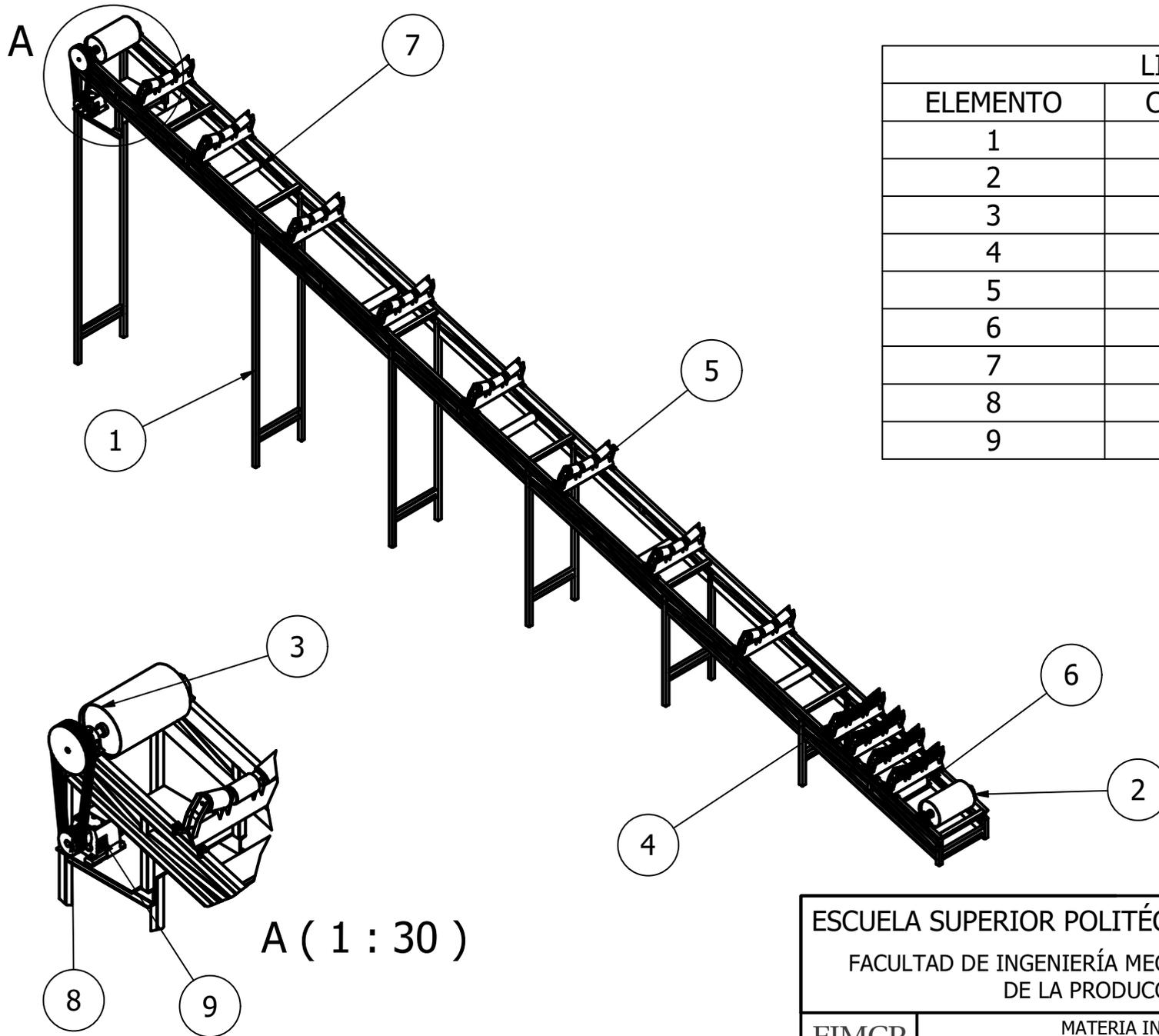
FIMCP
Facultad de Ingeniería en Mecánica
 y Ciencias de la Producción

Escala: 1:30
 II T, 2021

MATERIA INTEGRADORA

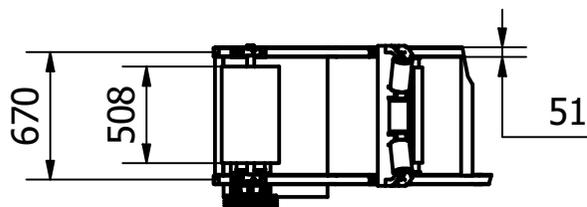
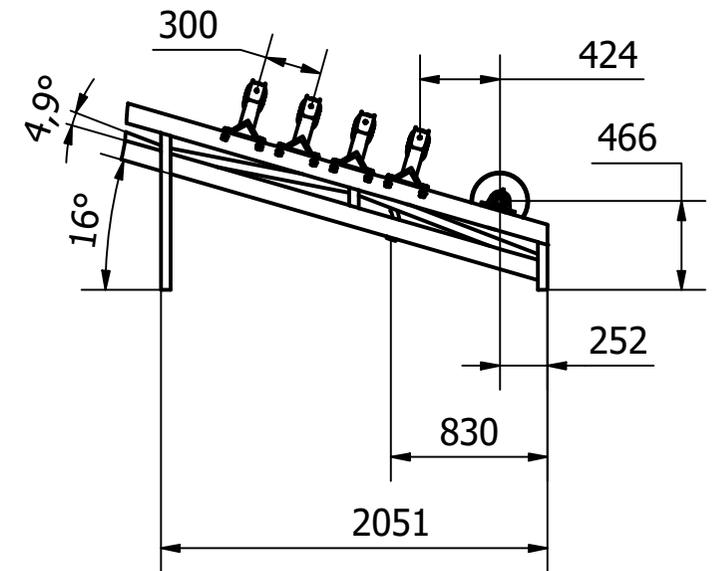
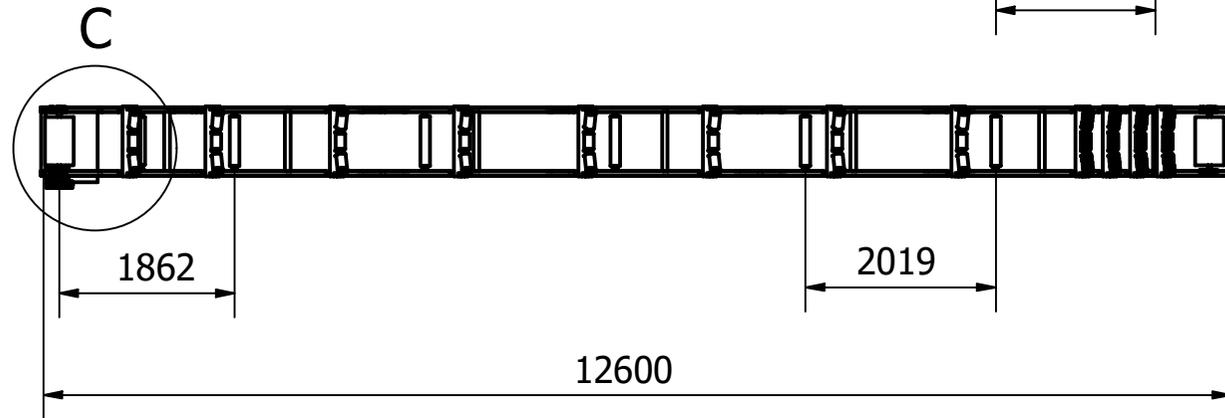
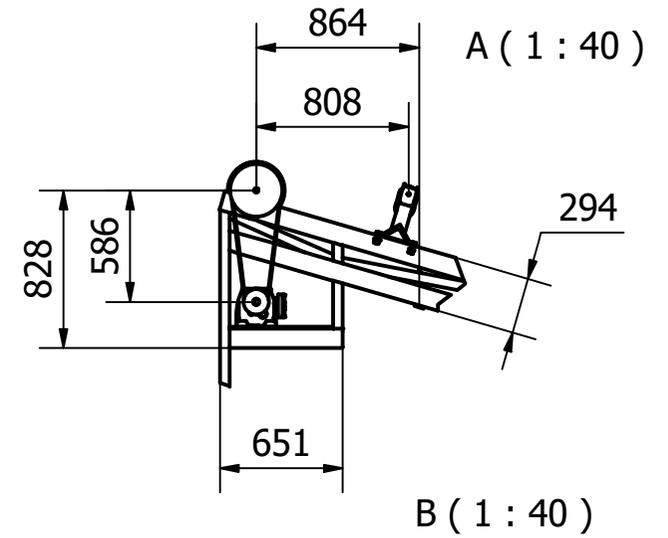
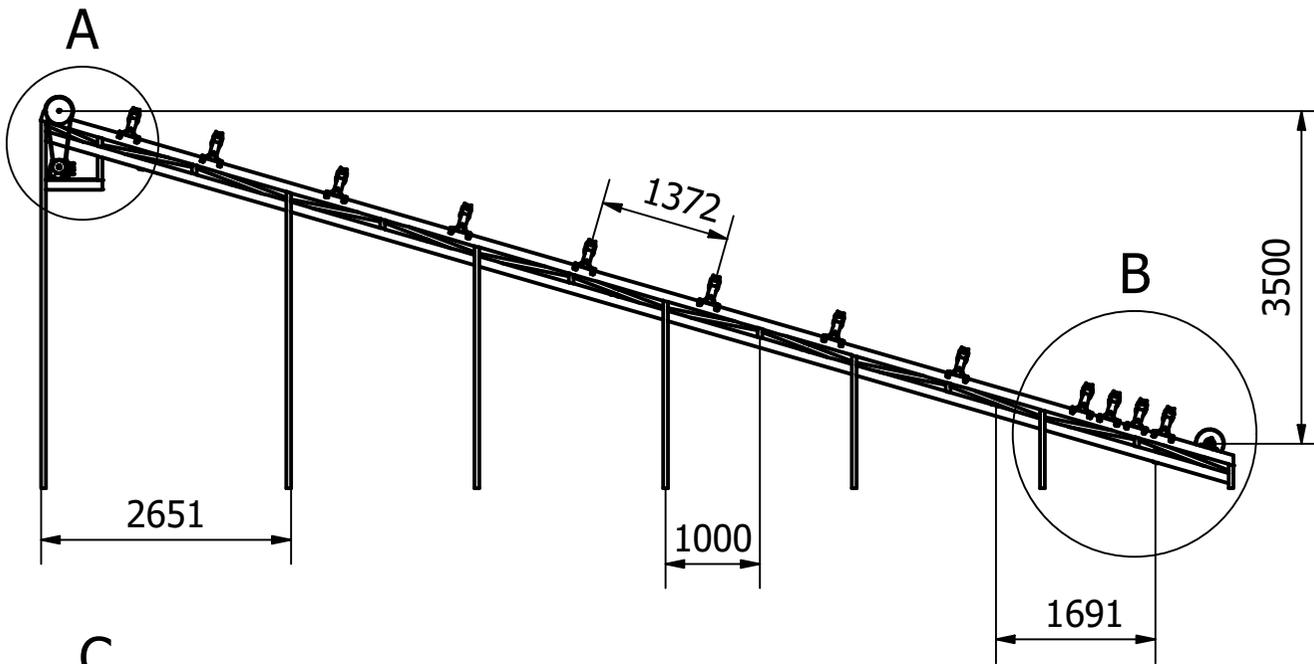
Banda Transportadora BT02 - Estructura



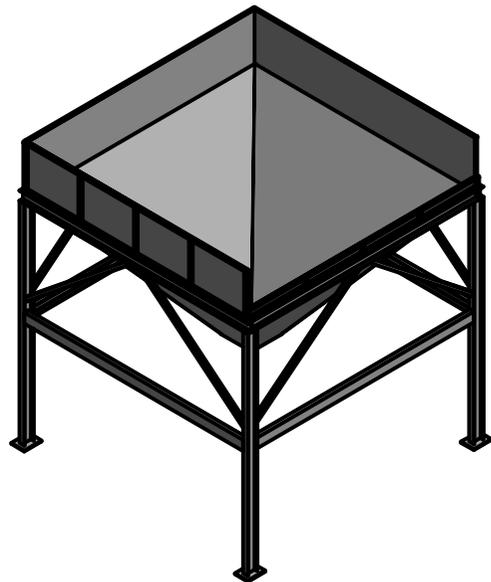
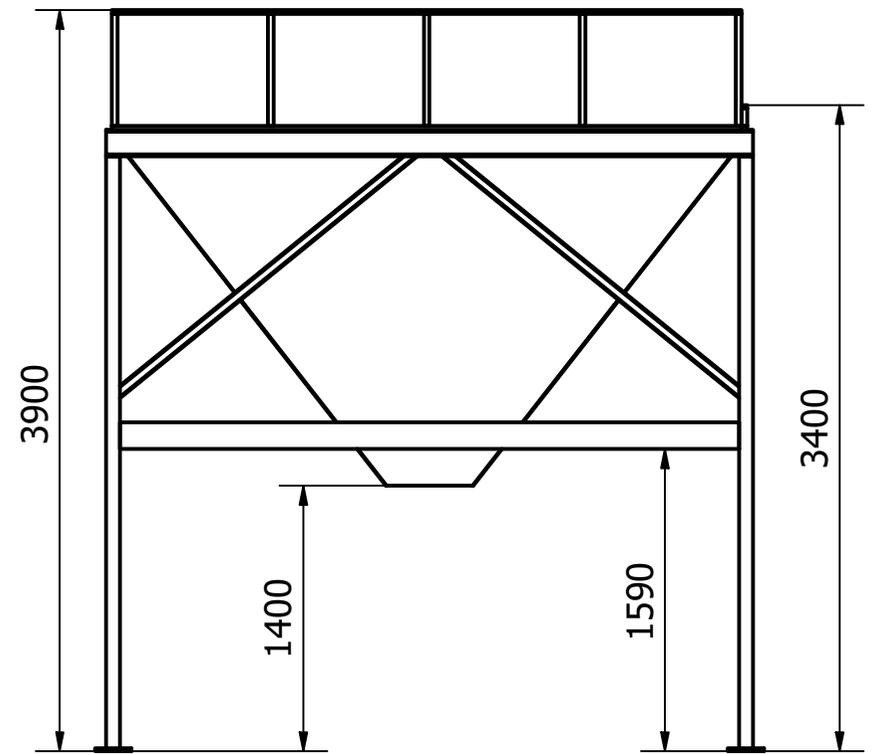
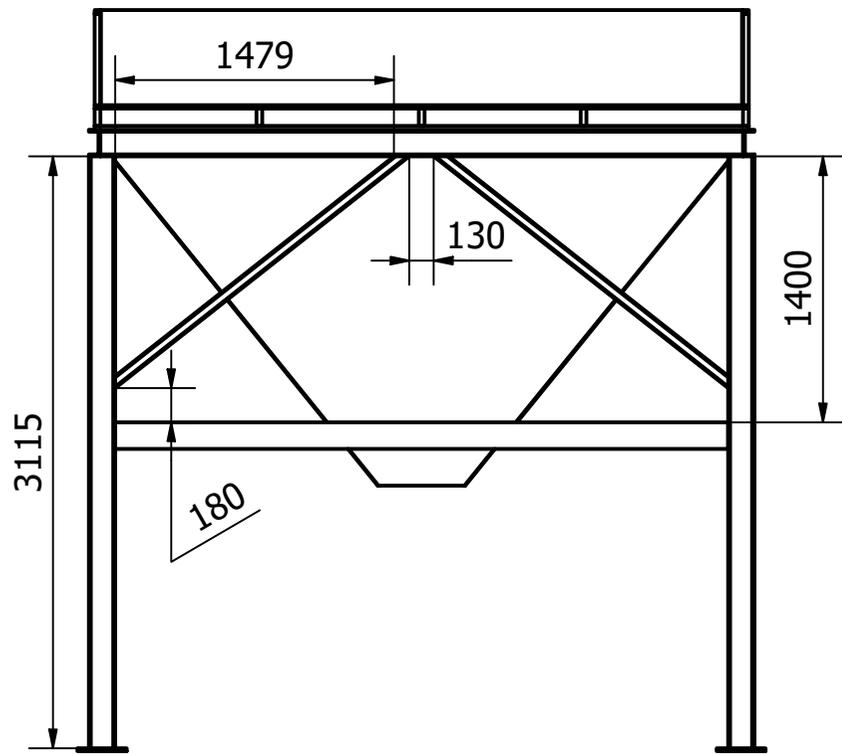


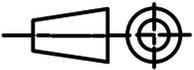
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANT.	Nº DE PIEZA
1	1	Estructura: BT03
2	1	Tambor de cola
3	1	Tambor motriz
4	4	Rodillo de Impacto
5	8	Rodillo abarquillado 20°
6	2	Limpiador
7	5	Rodillo de retorno
8	1	Banda y Polea BT-03
9	1	Motorreductor

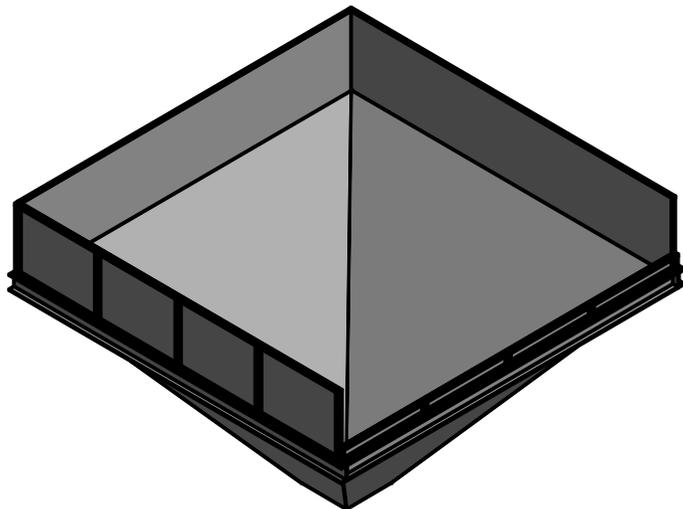
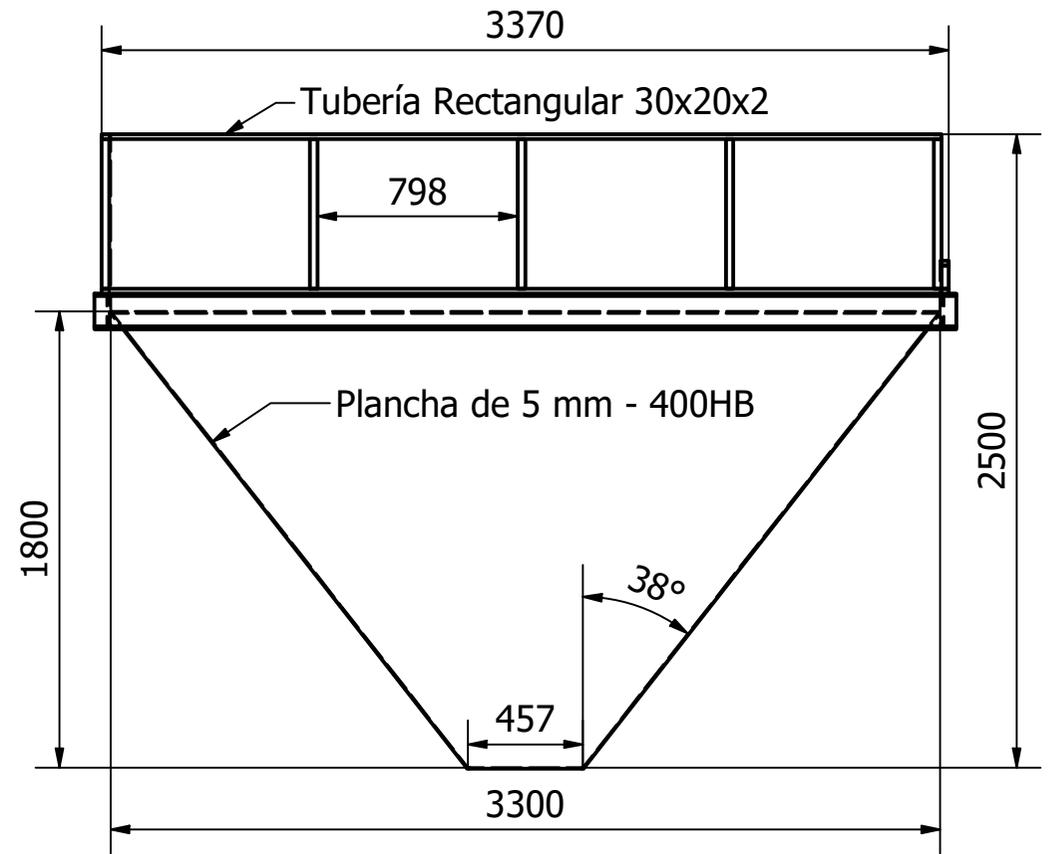
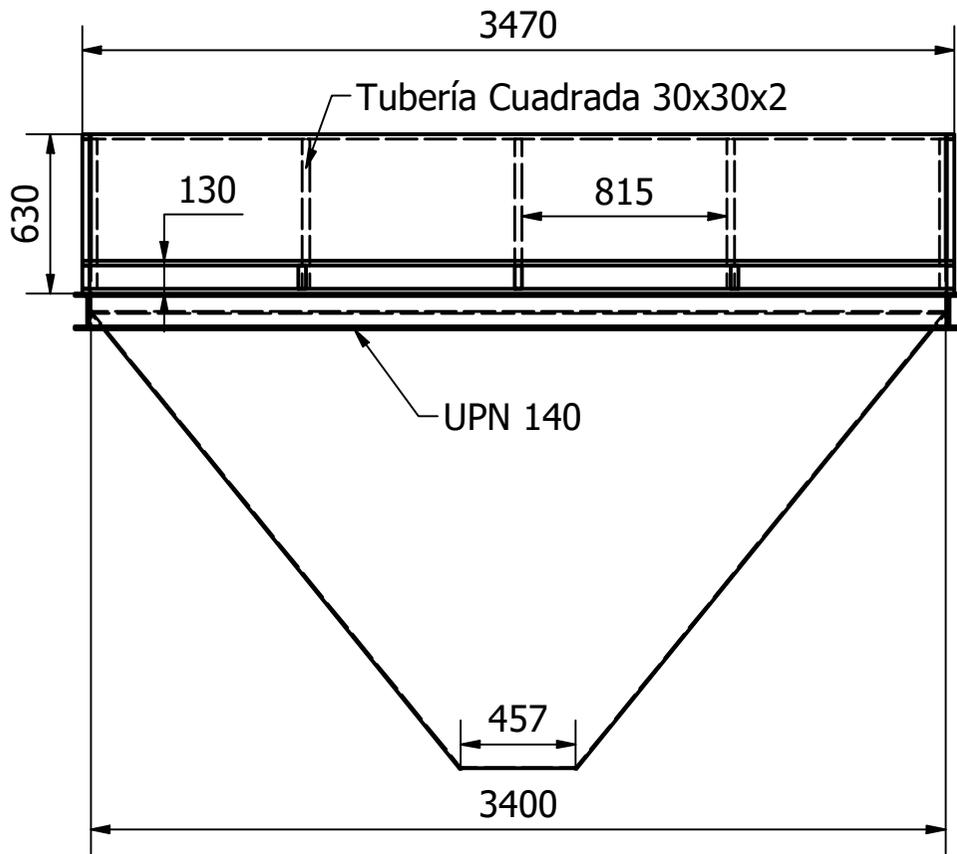
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	Nº 8
Escala: 1:60 II T, 2021	MATERIA INTEGRADORA		
Banda Transportadora BT03 - Elementos			



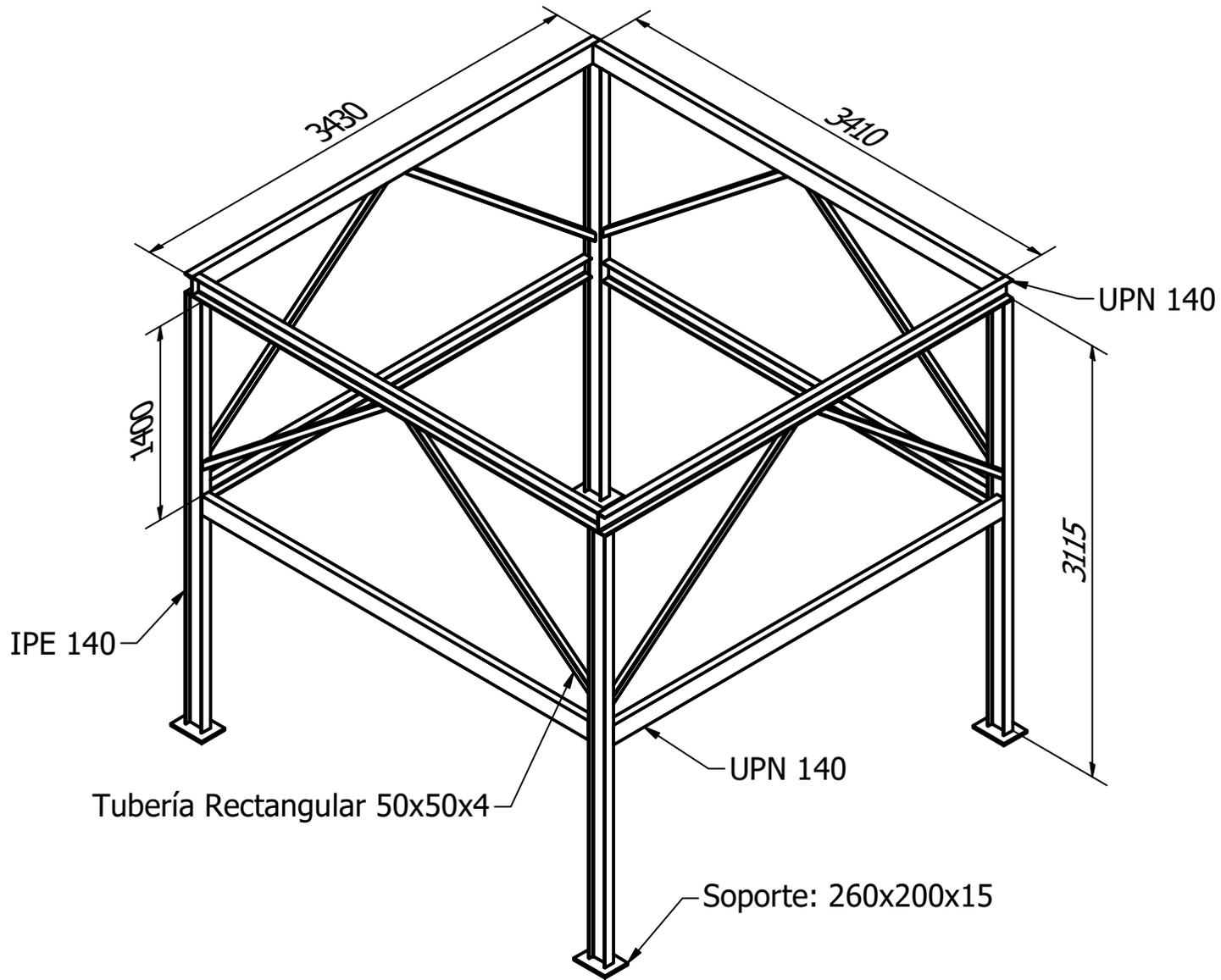
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	N° 9
Escala: 1:80 II T, 2021		MATERIA INTEGRADORA Banda Transportadora BT03 - Estructura	



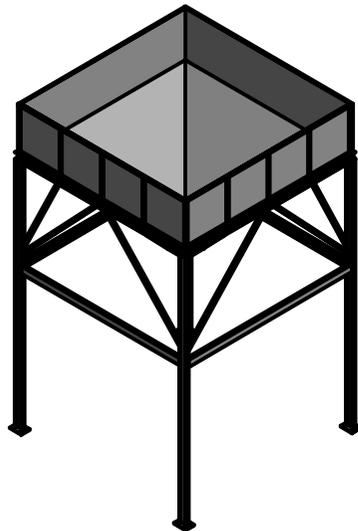
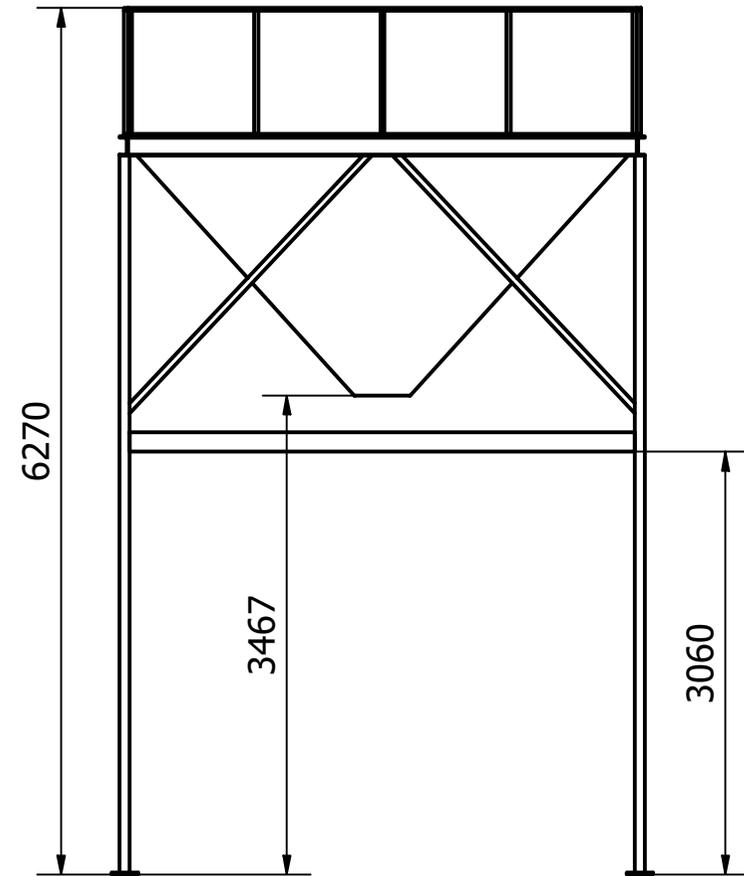
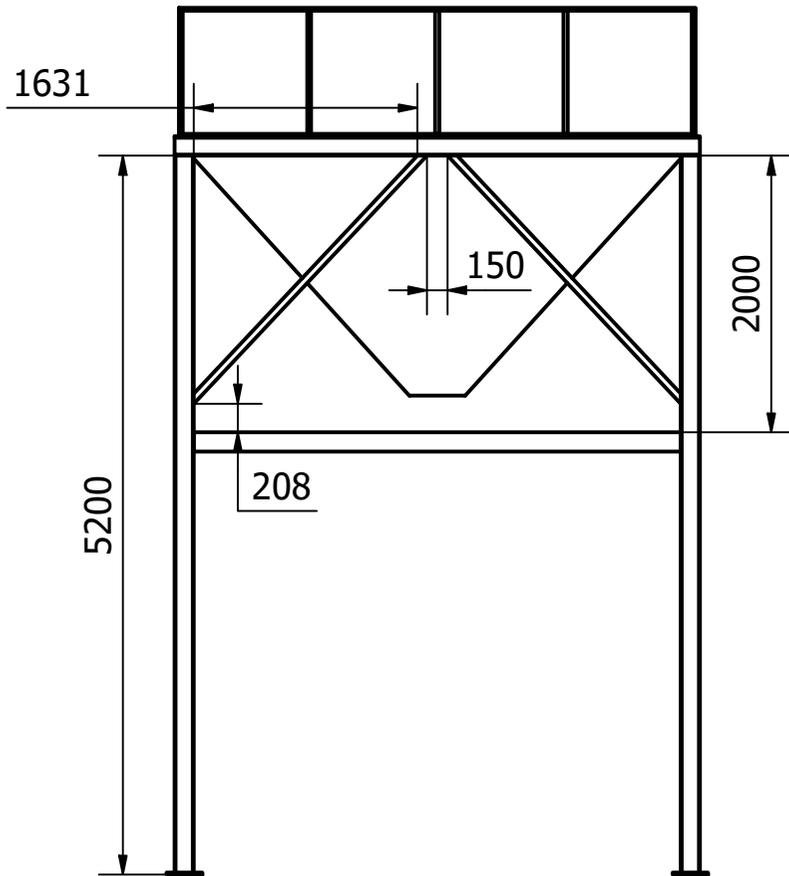
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga	
		Fecha:	10/01/2022	
		Material:	Acero	
		MATERIA INTEGRADORA	Lámina:	Nº 10
Escala: 1:40 II T, 2021		Tolva de Alimentación TA01		



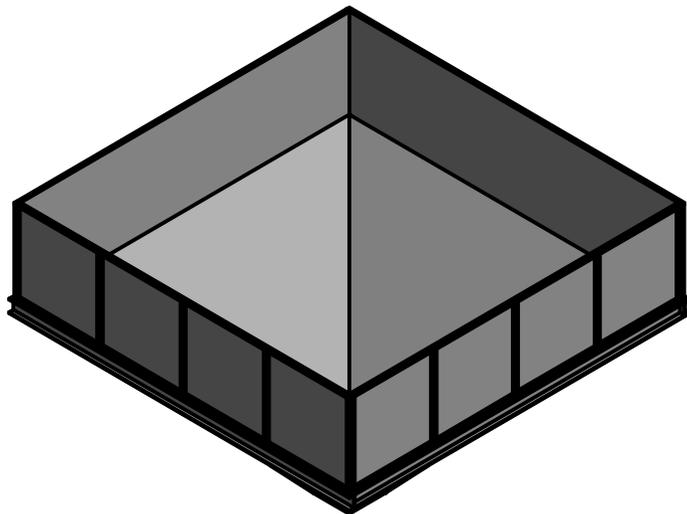
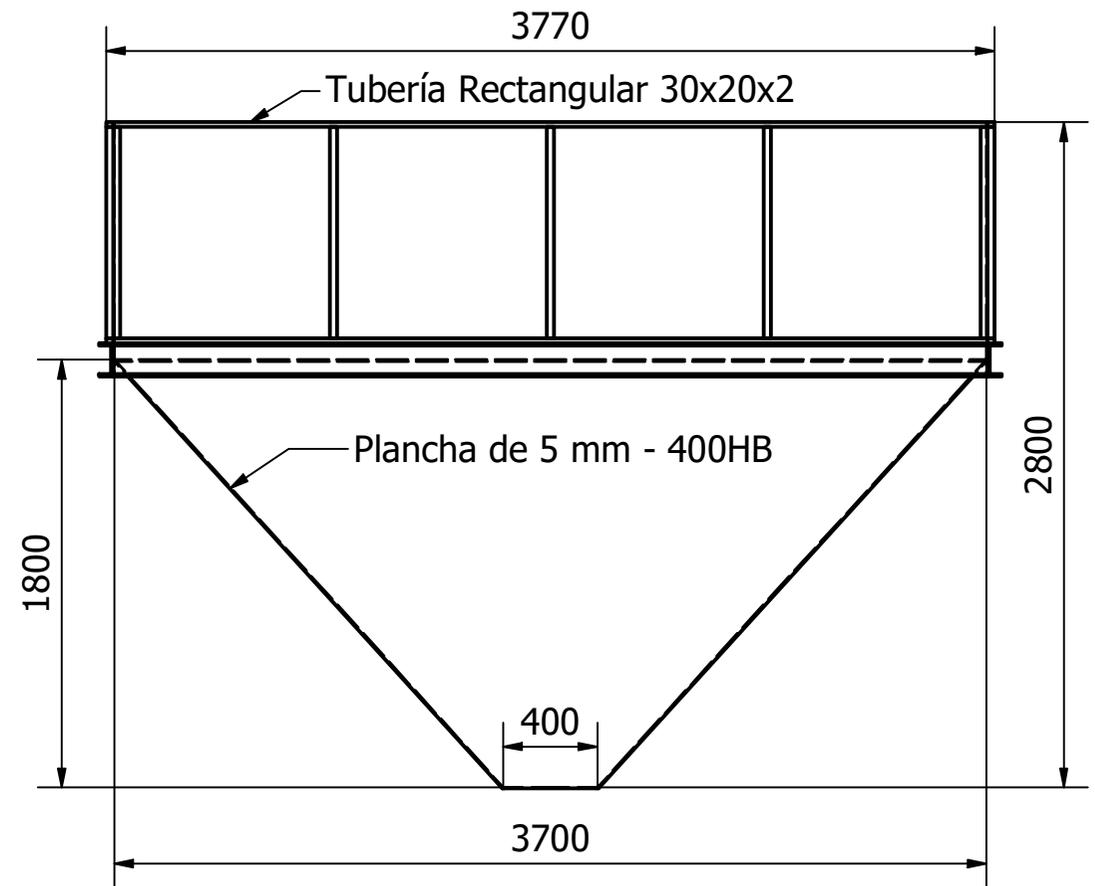
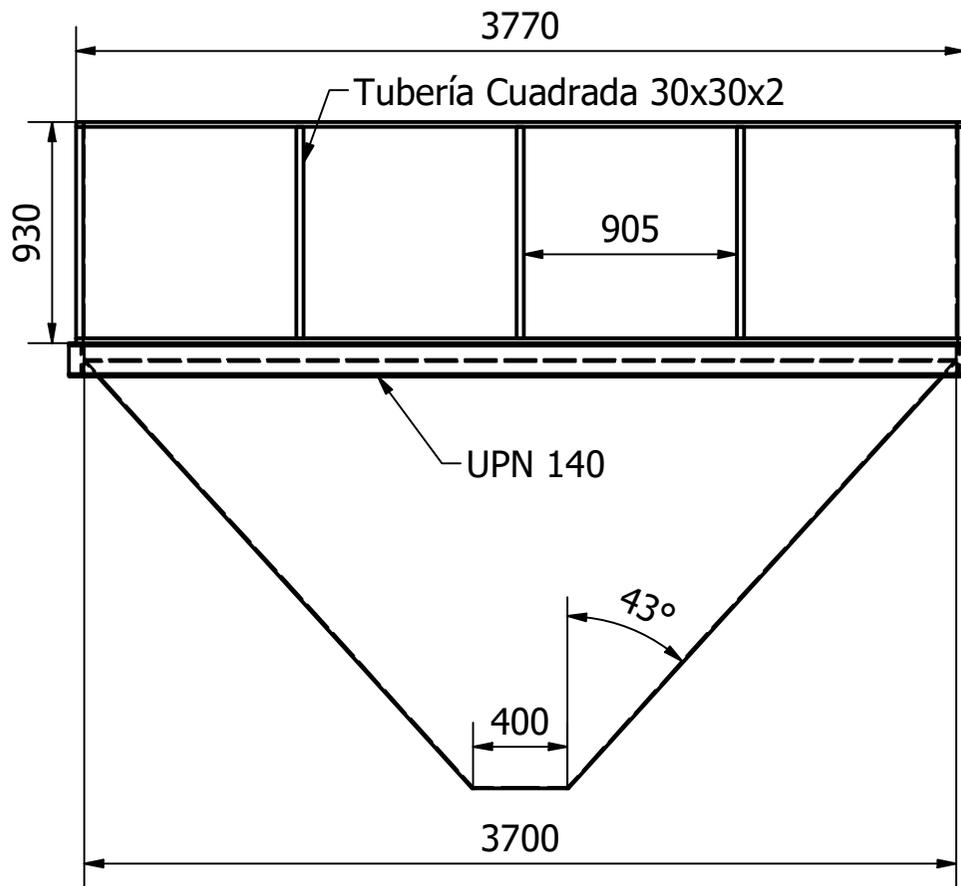
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	Nº 11
Escala: 1:30 II T, 2021		MATERIA INTEGRADORA	
Tolva de Alimentación TA01 - Cuerpo			



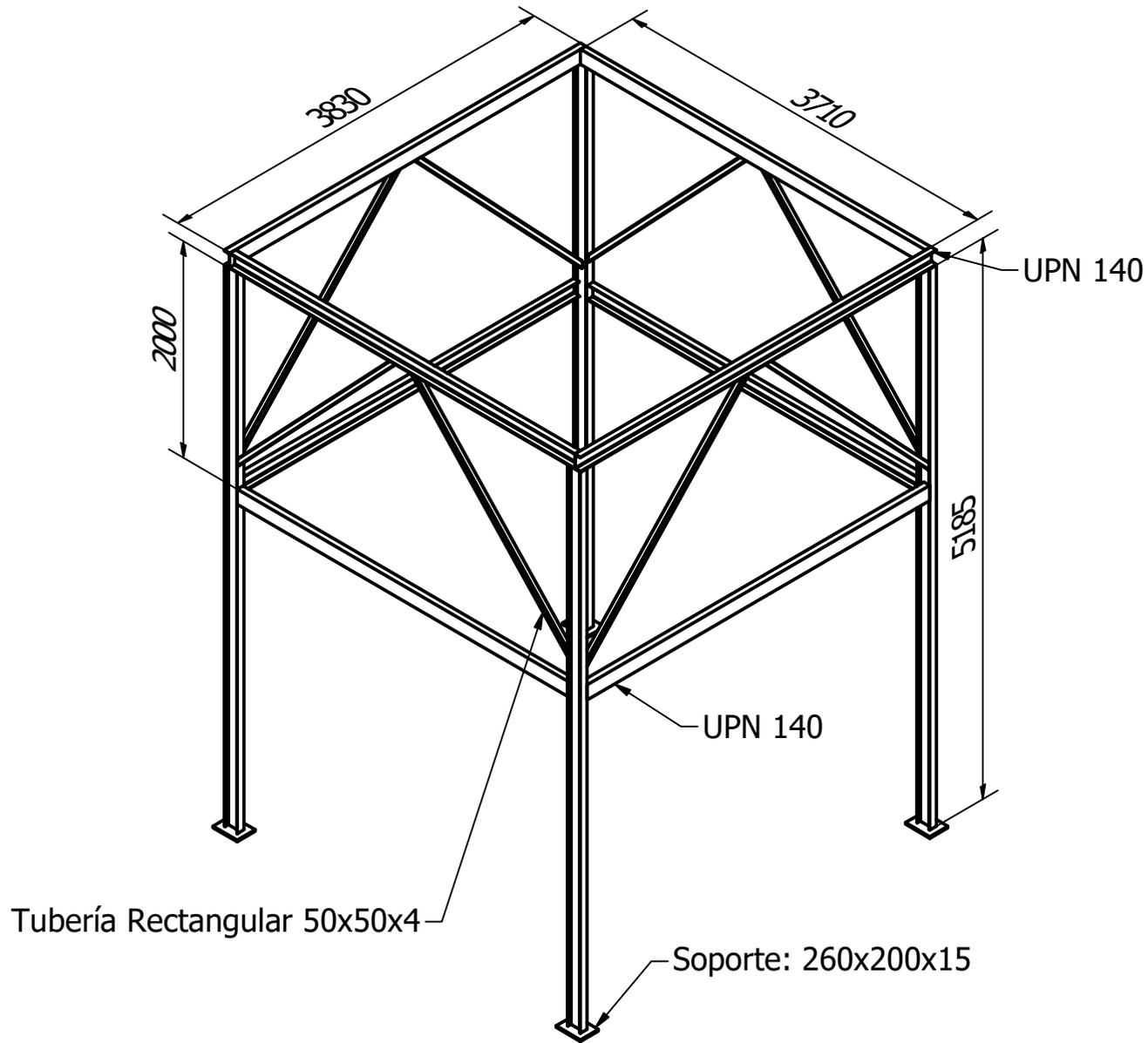
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	Acero A36
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		MATERIA INTEGRADORA	Lámina: N° 12
		Tolva de Alimentación TA01 - Estructura	
Escala: 1:38 II T, 2021			

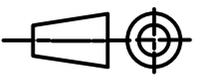


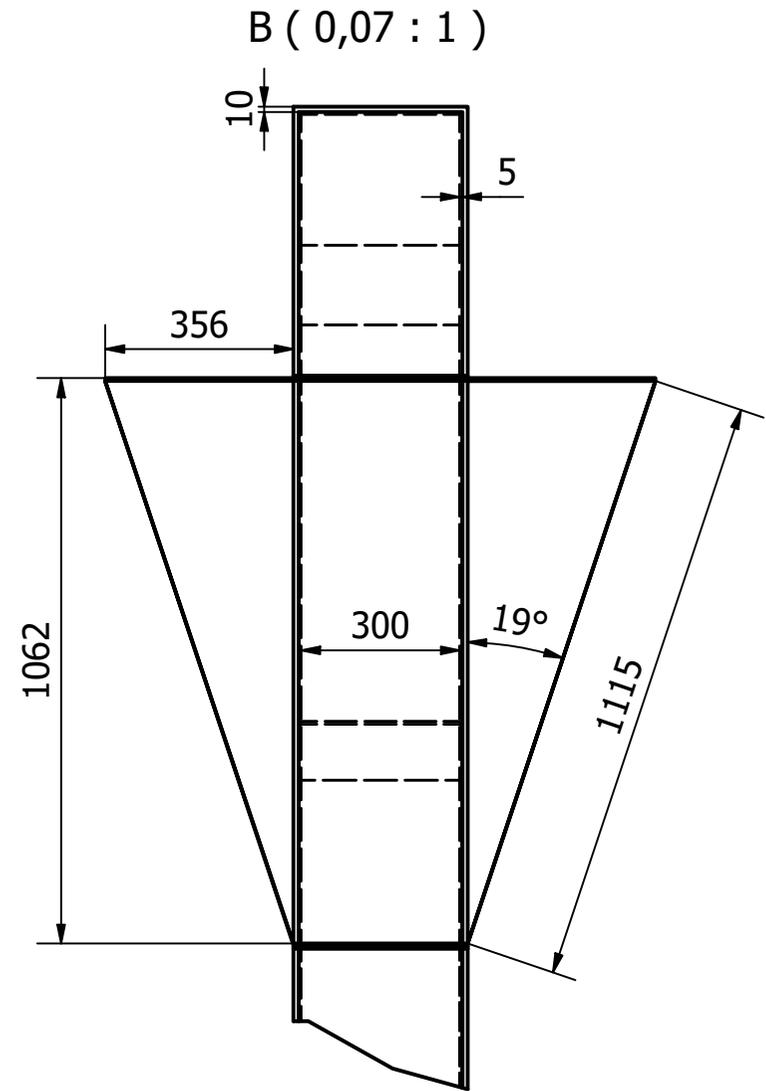
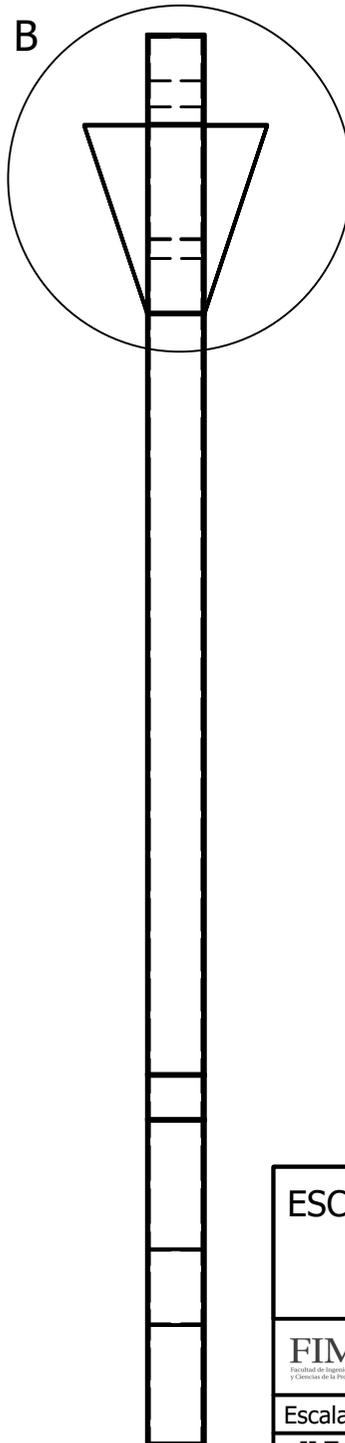
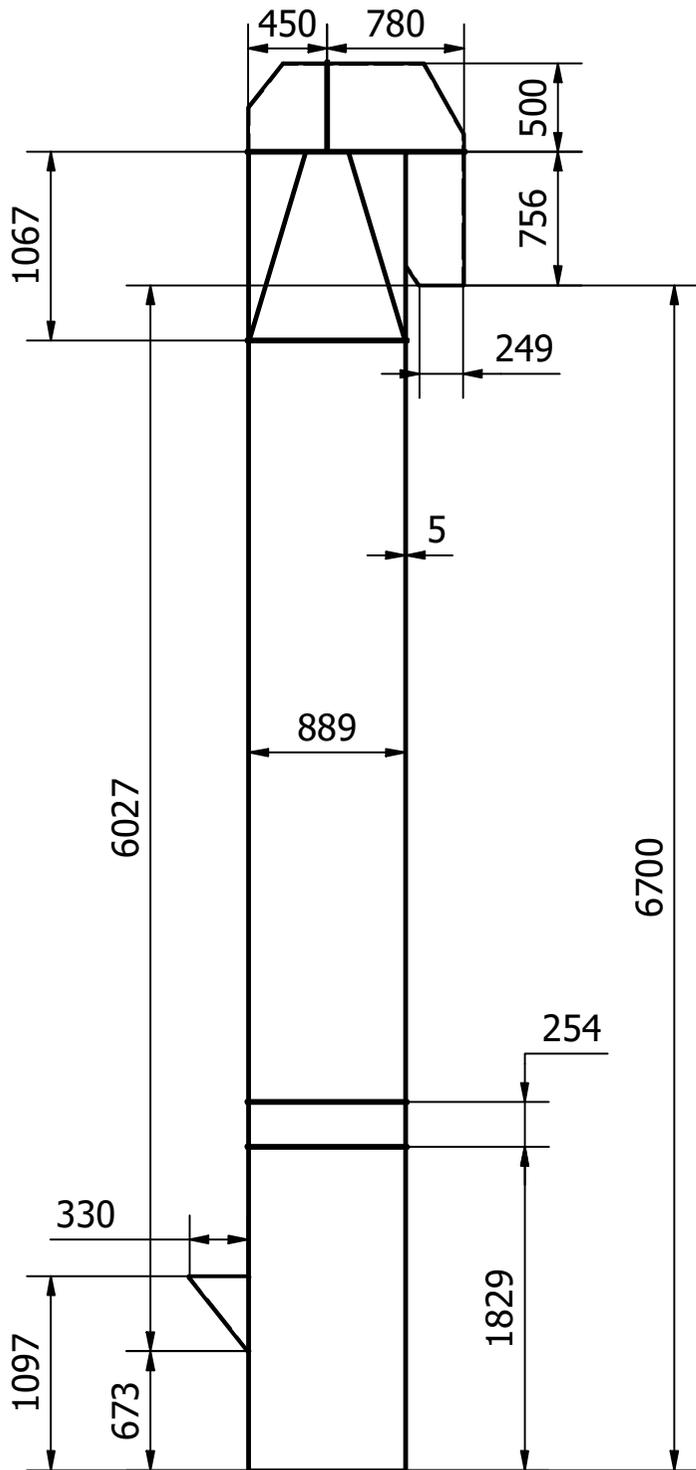
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	Nº 13
Escala: 1:55 II T, 2021		MATERIA INTEGRADORA	
Tolva de Alimentación TA02			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	N° 14
Escala: 1:32 II T, 2021		MATERIA INTEGRADORA	
Tolva de Alimentación TA02 - Cuerpo			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	Acero A36
 FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		MATERIA INTEGRADORA	Lámina: N° 15
		Tolva de Alimentación TA02 - Estructura	
Escala: 1:50 II T, 2021			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
FIMCP <small>Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción</small>		Material:	Acero
		Lámina:	N° 16
Escala: 1:43 II T,2021	MATERIA INTEGRADORA		
Elevador de Cangilones EC01 - Estructura			

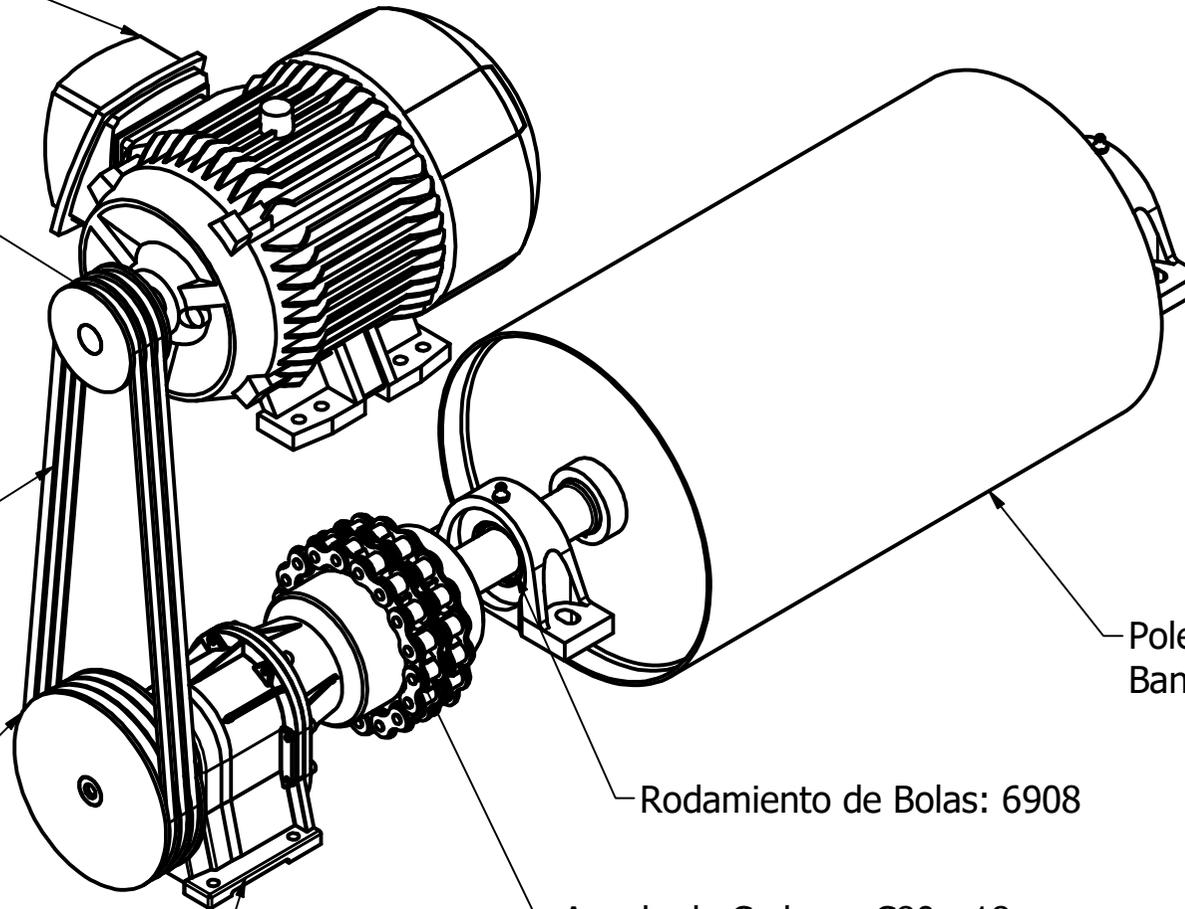
Motor 5 hp - Frame 184 T

3 3V 335 SH

3 3V 500

3 3V 650 SDS

Reductor SITI: Modelo NHL 25/3



Polea de Cabeza: Ø20"
Banda: 2 PLY 220 HULE

Rodamiento de Bolas: 6908

Acople de Cadena: C80 - 18

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS
DE LA PRODUCCIÓN

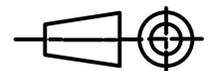
Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
Fecha:	10/01/2022
Material:	-
Lámina:	Nº 17

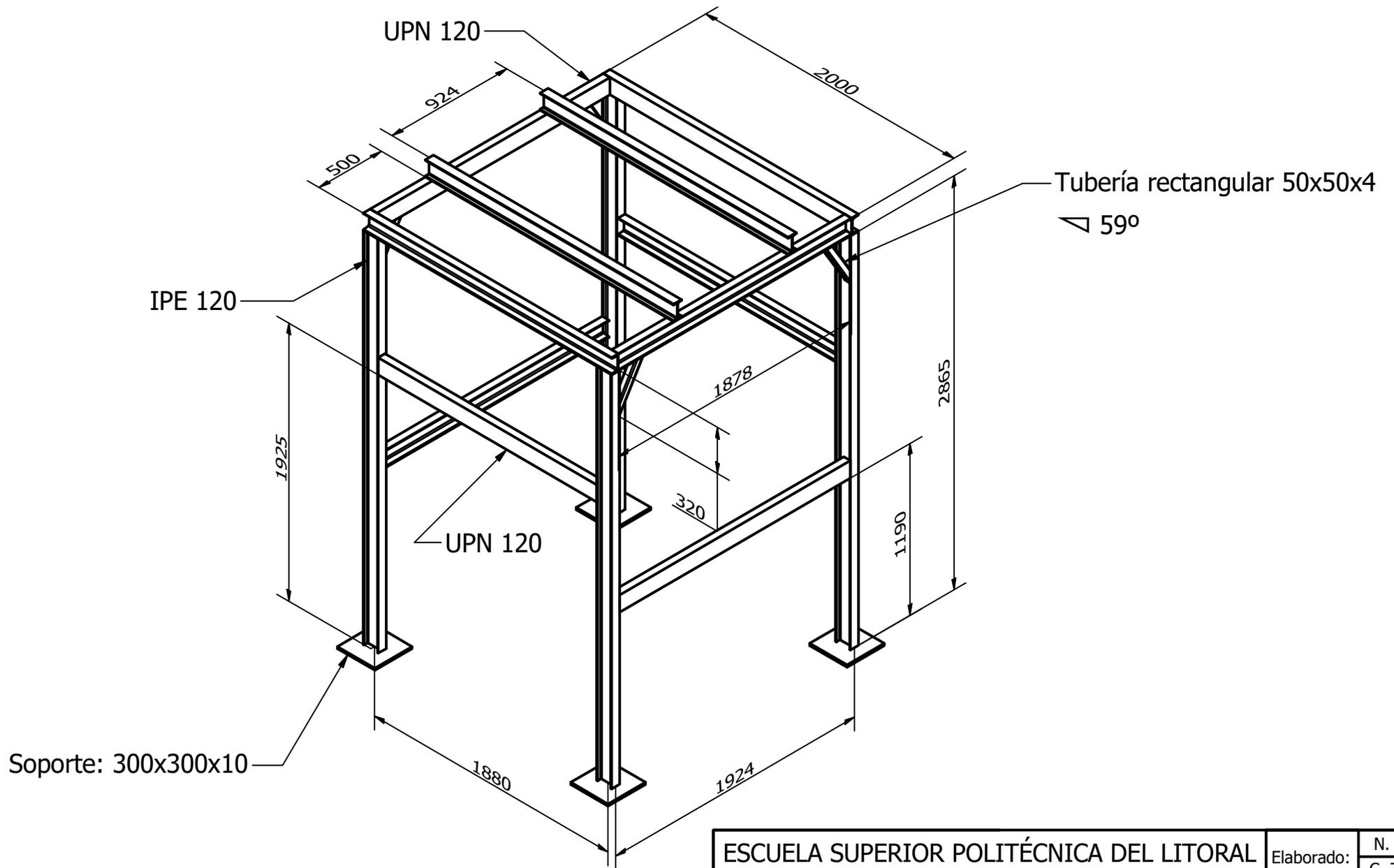
FIMCP
Facultad de Ingeniería en Mecánica
y Ciencias de la Producción

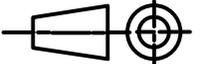
Escala: 1:6
II T, 2021

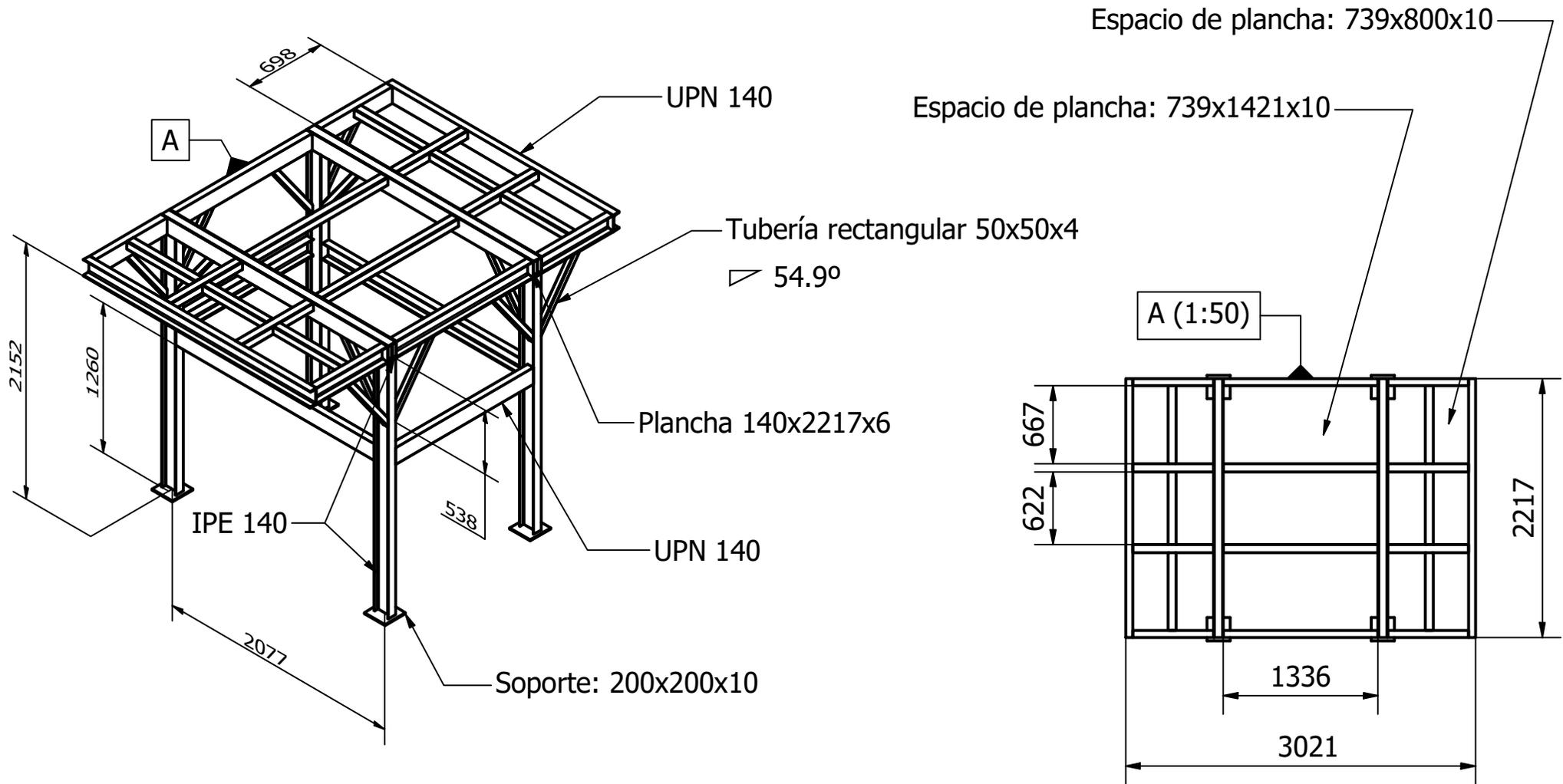
MATERIA INTEGRADORA

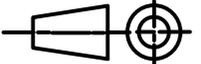
Elevador de Cangilones EC01 - Sistema de
Transmisión

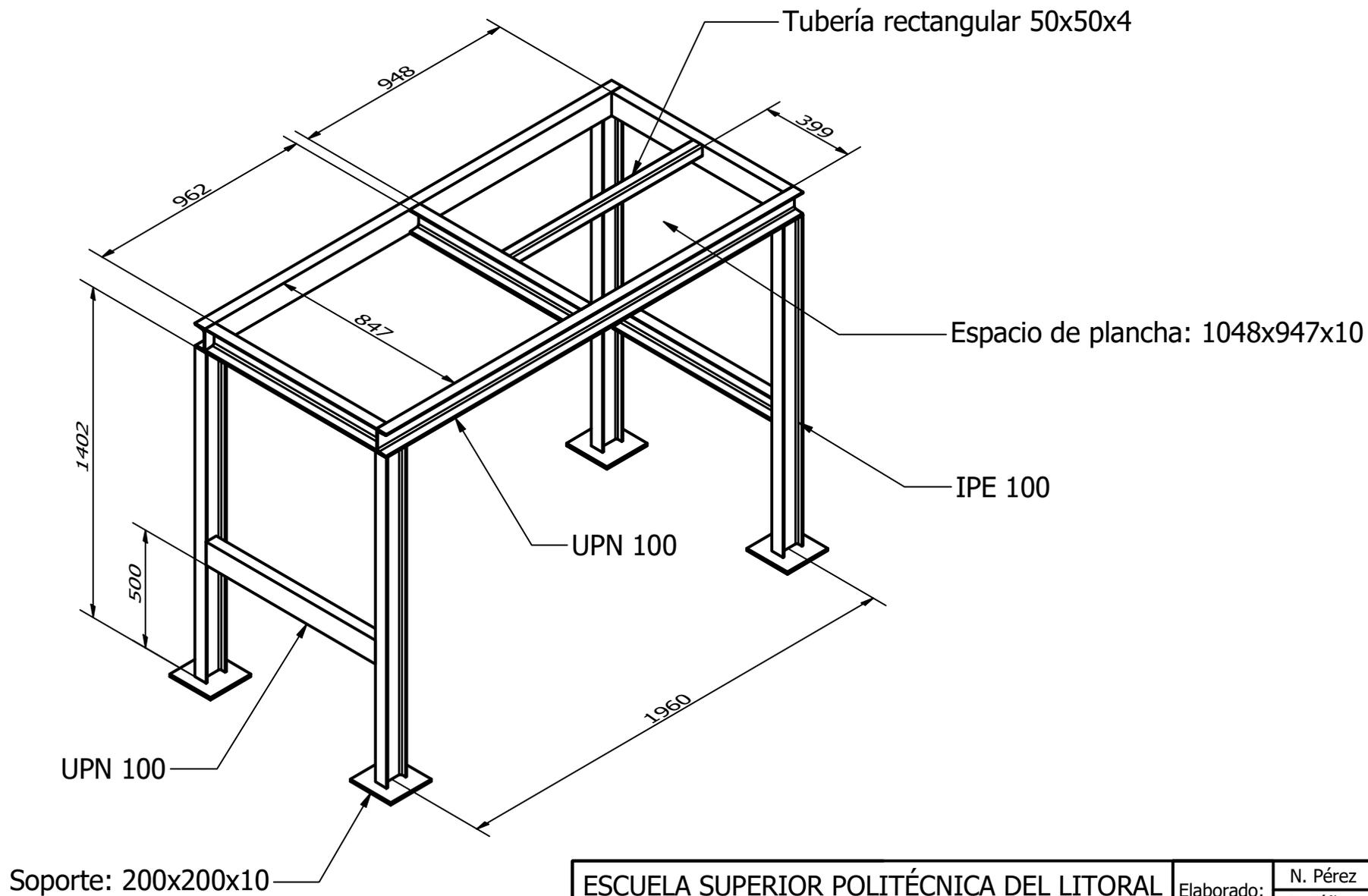


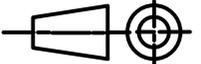


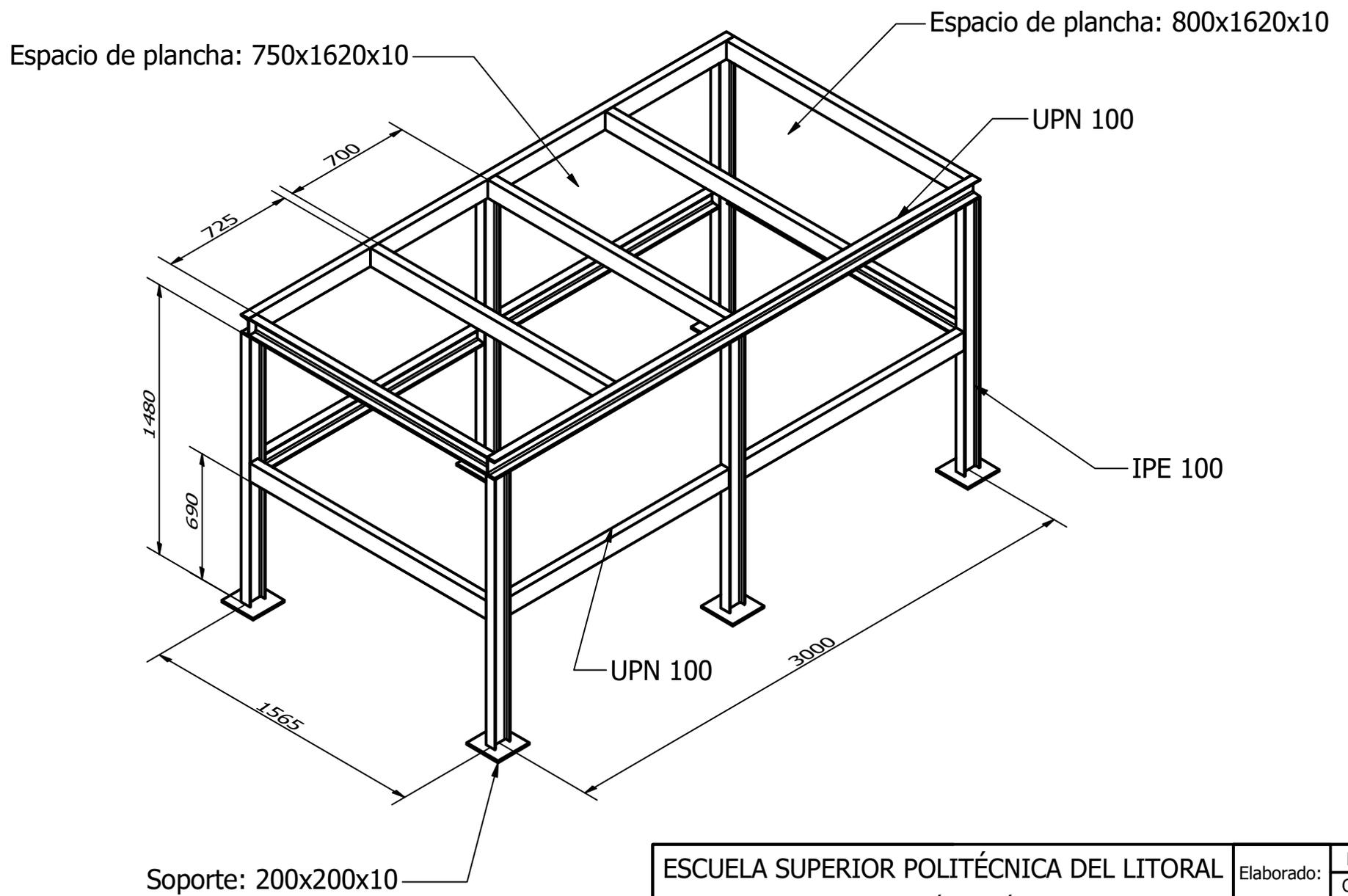
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	Acero A36
 Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción		MATERIA INTEGRADORA	Lámina: N° 18
		Estructura de la Banda Magnética	
Escala: 1:30 II T, 2021			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	Acero A36
		MATERIA INTEGRADORA	Lámina: N° 19
Escala: 1:40 II T, 2021		Estructura de la Criba Vibratoria	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	10/01/2022
		Material:	Acero A36
 Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción		Materia Integradora:	MATERIA INTEGRADORA
		Lámina:	Nº 20
Escala: 1:20 II T, 2021		Estructura del Molino de Martillos	
			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Elaborado:	N. Pérez C. Zúñiga
		Fecha:	20/01/2022
		Material:	Acero A36
		MATERIA INTEGRADORA	Lámina: N° 21
Escala: 1:25 II T, 2021		Estructura de Selector Óptico	
		