

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño de una Planta Procesadora de Briquetas a partir de Jacintos de
Agua (*Eichhornia Crassipes*)”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Jefferson Santo Carriel Navas

Montserrat Isabel Cordero Pinargote

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar, a mis padres por el esfuerzo realizado para darme la facilidad de estudiar en una prestigiosa Universidad como la ESPOL, al M.Sc. Federico Camacho por su constante supervisión y dedicación.

Especialmente agradezco a mis hermanas Ericka Carriel y Jenny García porque gracias a la motivación y confianza brindada pude alcanzar esta etapa de mi vida.

Jefferson Carriel Navas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y a mis abuelas por el apoyo incondicional que me han brindado en mi formación personal y académica, al M.Sc. Federico Camacho por su invaluable colaboración.

En especial agradezco a mi hermano Gonzalo Cordero por ser mi motivación constante y mi ejemplo de perseverancia y dedicación.

Monserrat Cordero Pinargote

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOI 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"



Jefferson Carriel Navas

Isabel Cordero P.

Montserrat Cordero
Pinargote

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**MIGUEL ANGEL
QUILAMBAQUI
JARA**

Ph.D. Miguel Quilambaqui Jara
PROFESOR DE LA MATERIA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Federico Camacho Brausendorff'.

M.Sc. Federico Camacho Brausendorff
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El Jacinto de Agua es una planta acuática invasiva que genera una serie de problemas por su rápida propagación especialmente afectando la calidad del agua y ocasionando problemas en el proceso de potabilización, el sector más afectado es el embalse Daule Peripa por su amplia área y por su unión con otros embalses.

La propuesta ingenieril fue diseñar una planta con una capacidad de 3 t/h que mediante la recolección mecánica y un posterior tratamiento del Jacinto de Agua se obtenga como resultado briquetas que pueden ser empleadas como biocombustible. El tratamiento consta de varias etapas: trituración, secado, molienda y briquetado, el proceso se realiza para conseguir el porcentaje de humedad y el tamaño de partícula óptimo para la fabricación de briquetas. Además, se empleó softwares para el diseño de las máquinas y el análisis bajo las condiciones de trabajo para de esta manera asegurar que no son propensas a fallar.

El diseño de los equipos se realizó siguiendo las normativas correspondientes, para la banda transportadora se empleó la norma CEMA (belt conveyer), para la tolva el UNE-ENV 2006 y para el transportador helicoidal la norma ANSI CEMA 300 Y 350. La evaluación de los elementos estructurales y la tolva se hizo en ANSYS donde se obtuvo un factor de seguridad mayor a 1.5 validando el diseño realizado. Por último, se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad del proyecto, considerando que varias máquinas pueden fabricarse localmente, para el resto se realizó una selección de equipos de procedencia china.

Palabras Clave: Jacinto de agua, briquetas, biocombustible, recolección mecánica.

ABSTRACT

The water hyacinth is an invasive aquatic plant that generates a series of problems due to its rapid spread, especially affecting water quality and causing problems in the purification process, the most affected sector is the Daule Peripa reservoir due to its large area and its union with other reservoirs. The engineering approach was to design a plant with a capacity of 3 t / h that by means of mechanical harvesting and a subsequent treatment of the water hyacinth, briquettes that can be used as biofuel are obtained as a result. The treatment consists of several stages: crushing, drying, grinding, and briquetting, the process is carried out to achieve the percentage of moisture and the optimal particle size for the manufacture of briquettes. In addition, software's were used for the design of the machines and the analysis under the working conditions to ensure they are not exposed to fail. The design of the equipment was carried out following the corresponding regulations for the conveyor belt, the CEMA standard (belt conveyor) was used, the UNE-ENV 2006 for the hopper and the ANSI CEMA 300 and 350 standards for the helical conveyor. The evaluation of the structural elements and the hopper was done at ANSYS® where a safety factor greater than 1.5 was obtained, validating the design made. Finally, an economic analysis was carried out to determine the profitability of the project, considering that several machines can be manufactured locally, for the rest a selection of equipment of Chinese origin was made.

Keywords: Water hyacinth, briquettes, biofuel, mechanical harvesting.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del Problema.....	1
1.2 Justificación del Proyecto	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Jacinto de Agua (<i>Eichhornia Crassipes</i>)	3
1.4.2 Impactos por la Invasión de Jacintos de Agua en los Embalses	5
1.4.3 Producción de Briquetas Para el Aprovechamiento Energético	7
CAPÍTULO 2	11
2. Metodología.....	11
2.1 Ubicación y Dimensionamiento de la Planta.....	12
2.1.1 Capacidad de Producción	12
2.1.2 Transporte del Producto	14
2.1.3 Diagrama de Flujo del Proceso	15
2.1.4 Ubicación de la Planta	16

2.2	Selección de Alternativas	19
2.2.1	Factores de Influencia para el Diseño	19
2.2.2	Propuesta para el Sistema de Recolección.....	20
2.2.3	Propuesta para el Sistema de Transporte.....	22
2.2.4	Propuesta para el Sistema de Molienda.....	25
2.2.5	Propuesta para el Sistema de Secado.....	27
2.3	Descripción de los Procesos de la Planta, Diseño y Selección de Equipos	30
2.3.1	Recolección de Materia Prima	30
2.3.2	Sistema de Trituración	32
2.3.3	Proceso de Secado	33
2.3.4	Sistema de Molienda	37
2.3.5	Proceso de Briquetado	39
2.3.6	Comercialización	39
CAPÍTULO 3		40
3.	Resultados y Análisis	40
3.1	Diseño de Equipos	40
3.1.1	Bandas Transportadoras	40
3.1.2	Tolva de Alimentación.....	42
3.1.3	Transportador Helicoidal.....	45
3.2	Selección de Equipos	51
3.2.1	Trituradora	51
3.2.2	Molino.....	51
3.2.3	Secado	51
3.2.4	Briquetadora	52
3.3	Diseño detallado de la Planta	53
3.4	Análisis de Costos.....	54
3.4.1	Costos Fijos o Directos	54

3.4.2	Costos Indirectos	55
3.4.3	Análisis en la Producción e Inversión.....	56
3.4.4	Factibilidad	58
CAPÍTULO 4		60
4.	Conclusiones y Recomendaciones	60
4.1	Conclusiones.....	60
4.2	Recomendaciones.....	62
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
UNNE	Universidad Nacional del Nordeste
EPA-EP	Empresa Pública del Agua
MRT	Movimiento Regional por la Tierra
CELEP	Corporación Eléctrica del Ecuador
CEDEGE	Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas
UNE	Acrónimo de Norma Española
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
ANSI	American National Standards Institute
DIN	Deutsche Industrie Normen
EN	European Norms
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ASTM	American Society for Testing and Materials
ANSYS	American National Standards Institute
HAP	Hourly Analysis Program
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices (<i>Society of Automotive Engineers</i>)
TIR	Tasa Interna de Retorno
TMAR	Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento
VAN	Valor Actual Neto

SIMBOLOGÍA

m^3	Metro cúbico
km	Kilómetros
MW	Megavatios
MJ/kg	Mega julios por kilogramo (Unidad de capacidad energética)
cm	Centímetro
kcal/kg	Kilocalorías por kilogramo
Ha	Hectáreas
FS	Factor de seguridad
HR	Humedad relativa
θ_{rep}°	Ángulo de reposo
Q_{rad}	Calor por radiación
I	Irradiación solar
Q_u	Calor útil
η	Eficiencia
CFM_{SA}	Pie cúbico por minuto para el suministro de aire
q_s	Calor sensible
T_z	Temperatura interior de diseño
T_{SA}	Temperatura del suministro de aire
N	Revoluciones del tornillo helicoidal
$HP_{teórica}$	Potencia total teórica
HP_f	Potencia necesaria para mover el transportador vacío
HP_m	Potencia necesaria para mover el material a transportar
HP_{ele}	Potencia necesaria para elevar el material a cierta inclinación
T	Torque
TPH	Toneladas por hora
fpm	Pie por minuto
θ_{sur}	Ángulo de sobrecarga
W_b	Peso de la faja
W_m	Peso del material
PIW	Libra por pulgada de ancho

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de embalses	6
Figura 1.2 Parámetros físicos y químicos	9
Figura 2.1 Metodología del diseño	11
Figura 2.2 Diseño conceptual de la planta.....	15
Figura 2.3 Datos climáticos presente en el Embalse Daule Peripa.....	17
Figura 2.4 Ubicación geográfica de la planta.....	18
Figura 2.5 Recolección manual de Jacintos de Agua	21
Figura 2.6 Recolección mecánica de Jacintos de Agua.....	21
Figura 2.7 Banda transportadora.....	23
Figura 2.8 Transportador helicoidal	23
Figura 2.9 Elevador de cangilones	24
Figura 2.10 Molino de rodillos.	25
Figura 2.11 Molino de martillos	26
Figura 2.12 Molino de bolas	26
Figura 2.13 Bandeja de secado artificial.....	28
Figura 2.14 Secador de tambor Industrial.....	28
Figura 2.15 Secador solar	29
Figura 2.16 Propiedades del material.....	35
Figura 2.17 Distribución de presiones	36
Figura 2.18 Paso del tornillo.....	37
Figura 3.1 Banda Transportadora.....	41
Figura 3.2 Tolva de Alimentación.	42
Figura 3.3 Deformación total en la estructura de la tolva.....	42
Figura 3.4 Factor de seguridad en fatiga de la estructura de la tolva.....	43
Figura 3.5 Distribución de esfuerzos en la Tolva	43
Figura 3.6 Deformación de la tolva.....	44

Figura 3.7 Factor de seguridad en fatiga	44
Figura 3.8 Sentido del giro presente en el tornillo helicoidal	45
Figura 3.9 Esquema del Transportador Helicoidal diseñado	49
Figura 3.10 Deformación total de la estructura del tornillo	50
Figura 3.11 Factor de seguridad de la estructura del tornillo	50
Figura 3.12 Esquema detallado de la Planta Procesadora de Briquetas	53
Figura A.1.- Descripción de las características de los materiales.	68
Figura A.2.- Velocidades de cinturón máximo recomendadas.	69
Figura B.1.- Clasificación del rodillo	70
Figura B.2.- Espaciamiento normal recomendado para rodillos (S)	70
Figura B.3.- Espaciamiento normal recomendado para rodillos (S) (BT2)	71
Figura C.1.- Faja abarquillada de 35°	72
Figura C.2.- Faja abarquillada de 20°	72
Figura D.1.- Peso de faja promedio con pliegues múltiples y reducidos, lb/ft	74
Figura D.2.- Factor de trozo	75
Figura D.3.- Factores de ambiente y mantenimiento	75
Figura D.4.- Factor de servicio de la banda transportadora	75
Figura D.5.- Factores de corrección de la velocidad de la banda.	75
Figura D.6.- Desviación de la banda	76
Figura D.7.- Peso de faja promedio con pliegues múltiples y reducidos, lb/ft	77
Figura E.1.- Factor de servicio	79
Figura F.1.- Peso estimado de la polea	86
Figura F.2.- Poleas de tambor de servicio estándar	87
Figura F.3.- Peso estimado de la polea (BT2)	87
Figura F.4.- Poleas de tambor de servicio estándar BT 2.	88
Figura F.5.- Dimensiones de la polea.....	88
Figura F.6.- Motorreductor para banda transportadora BT1	89

Figura F.7.- Motorreductor para banda transportadora BT2	89
Figura F.8.- Especificaciones del rodamiento rígido de bolas.....	90
Figura G.1.- Rango de eficiencia de reductores	91
Figura G.2.- Rango de eficiencia mecánica de equipos.....	91
Figura G.3.- Eficiencias altas.....	92
Figura H.1.- Especificaciones 930M	93
Figura H.2.- Materiales	94
Figura H.3.- Tipo de flujo.	94
Figura H.4.- Especificaciones 1	95
Figura H.5.- Especificaciones 2.....	95
Figura I.1.- Información técnica sobre las correas transportadoras	97
Figura J.1.- Irradiación mensual en Guayaquil	99
Figura J.2.- Carga térmica del Invernadero para secado	100
Figura J.3.- Curvas características de ventiladores axiales	102
Figura K.1 Especificaciones del colector solar	103
Figura L.1.- Características del material en función de su codificación.....	104
Figura M.1.- Descripción del código CEMA	105
Figura M.2.- Factor de capacidad de acuerdo con el tipo de paso del transportador..	105
Figura M.3.- Factor de capacidad para transportadores especiales	105
Figura M.4.- Factor de paletas por paso.....	105
Figura M.5.- Especificaciones en base al grupo de componentes	106
Figura N.1.- Capacidad en función de la carga de artesa.....	107
Figura Ñ.1.- Factor de diámetro del tornillo	108
Figura Ñ.2.- Factor del buje.....	108
Figura Ñ.3.- Factor por porcentaje de carga en base al tipo del helicoidal	109
Figura Ñ.4.- Factor de paleta.....	109
Figura Ñ.5.- Factor de sobrecarga para la potencia del helicoidal	109

Figura Ñ.6.- Resistencia de pernos	109
Figura Ñ.7.- Tipo de helicoide	110
Figura O.1.- Reductor seleccionado para el Transportador Helicoidal	115
Figura O.2.- Factores de servicio	116
Figura O.3.- Bandas de alta capacidad	116
Figura O.4.- Diámetro mínimo de la polea impulsora.....	117
Figura O.5.- Bandas y poleas seleccionadas	118
Figura O.6.- Diseño de forma del chute.....	118
Figura P.1.– Especificaciones técnicas de la Briquetadora.	122
Figura P.2.– Especificaciones técnicas del camión	123
Figura P.3.– Especificaciones técnicas del molino de martillo.	124
Figura P.4.– Especificaciones técnicas de la cortadora.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Poder calorífico promedio del Jacinto de Agua.....	4
Tabla 1.2 Poder calorífico de combustibles comunes.....	4
Tabla 1.3 Proporción de Jacinto de Agua: aglutinante	9
Tabla 2.1 Detalle del área afectada por Jacinto de Agua en embalses	12
Tabla 2.2 Matriz de selección para el sistema de recolección	22
Tabla 2.3 Matriz para transporte del Jacinto de Agua post proceso de molienda	25
Tabla 2.4 Matriz de selección para molienda del Jacinto de Agua	27
Tabla 2.5 Matriz de selección para el proceso de secado	29
Tabla 2.6 Propiedades de los materiales empleados en el proceso	31
Tabla 2.7 Características generales de los transportadores	32
Tabla 2.8 Datos experimentales para el secado del Jacinto de Agua.....	33
Tabla 3.1 Rodillos empleados	40
Tabla 3.2 Modelo de banda.....	41
Tabla 3.3 Motorreductor seleccionado.	41
Tabla 3.4 Grupo de componentes del transportador helicoidal.....	45
Tabla 3.5 Dimensiones del tubo para el transportador helicoidal.....	45
Tabla 3.6 Dimensiones de las artesas tubulares	46
Tabla 3.7 Dimensiones de las bridas para unión de artesas	46
Tabla 3.8 Dimensiones del tornillo helicoidal.....	47
Tabla 3.9 Descarga para el transportador helicoidal	47
Tabla 3.10 Tapas para las artesas tubulares.....	48
Tabla 3.11 Rodamiento de bolas.....	48
Tabla 3.12 Especificaciones del eje motriz.....	48
Tabla 3.13 Chavetero para eje motriz	49
Tabla 3.14 Resultados para el sistema de secado	51
Tabla 3.15 Costos de máquinas implementadas en los sistemas de producción	54

Tabla 3.16 Costos de máquinas de transporte y recolección.....	54
Tabla 3.17 Costo del terreno y construcción	54
Tabla 3.18 Costos por personal fuera del área de producción y suministros	55
Tabla 3.19 Costos por personales de producción.....	55
Tabla 3.20 Costos directos adicionales	55
Tabla 3.21 Costos por mano de obra	56
Tabla 3.22 Incremento en el coste de máquinas por importación.....	56
Tabla 3.23 Costos indirectos por producción.....	56
Tabla 3.24 Ingreso por la producción de la planta	57
Tabla 3.25 Datos de inversión	57
Tabla 3.26 Tabla de Amortización	58
Tabla 3.27 Flujo de caja para análisis financiero	59
Tabla F.1.- Selección de Banda	85
Tabla O.1.- Especificaciones en base al código CEMA.....	111
Tabla O.2.- Clasificación del código	111
Tabla O.3.- Factor de capacidad seleccionado.....	112
Tabla O.4.- Carga de artesa recomendada en base al código.....	112
Tabla O.5.- Datos a considerar para la potencia	113
Tabla O.6.- Definición de las cargas muertas en el Transportador Helicoidal.....	120
Tabla O.7.- Definición de las cargas vivas en el Transportador Helicoidal.....	120
Tabla O.8.- Distribución de fuerzas	121

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Banda Transportadora
- PLANO 2 Transportador Helicoidal
- PLANO 3 Esquema 2D de Planta y Equipos

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador durante los últimos años las industrias están apostando por la aplicación de sistemas impulsados por biocombustibles de distintos orígenes, en especial en un período en el cual todos los países se están sumando al uso de energías sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para la reducción significativa de gases de efecto invernadero. Es por eso por lo que la búsqueda de recursos y métodos de aprovechamiento de la biomasa se ha vuelto de vital importancia.

En este contexto es conocido que la implementación de biomasa como combustible requiere la adaptación de una cadena de producción, desde la recolección de materia prima hasta la comercialización, sin embargo uno de los principales problemas de la biomasa radica en sus bajas densidades que produce un problema a mayor nivel en su transporte y almacenamiento, es por esto que se recomienda compactar la biomasa a presión para lograr un producto de alta densidad energética que ocupe poco volumen, a este proceso se lo conoce como briquetado. La abundancia y accesibilidad de la biomasa es un aspecto fundamental para la implementación de sistemas impulsados con biocombustibles. En Ecuador existe una problemática con las plantas invasoras en las represas, especialmente con el Jacinto de Agua que es conocido por su rápida proliferación siendo considerada una de las peores plantas invasoras a nivel mundial.

El Jacinto de Agua representa un problema para las comunidades aledañas a las represas, además influye en distintos aspectos ocasionando inconvenientes en centrales hidroeléctricas cercanas y empeorando la calidad de agua de las represas, empleando un método de recolección de los Jacintos de Agua se puede obtener materia prima abundante para ser utilizado como biocombustible.

1.1 Descripción del Problema

La proliferación de Jacintos de Agua en la represa Daule Peripa es una de las principales problemáticas por la que empresas servidoras de agua potable e hidroeléctricas no puedan brindar un mejor abastecimiento de energía, agua

para el riego y consumo humano en sectores cercanos al embalse, además, siendo ésta el inicio para el trasvase de agua hacia distintas zonas de la provincia de Manabí, presas como “La esperanza”, “Poza Honda”, “Embalse Baba” también se ven afectadas en mayor proporción por contar con un área menor, lo que causa un alto porcentaje de contaminación.

Esto se da porque la acumulación de Jacintos de Agua provoca el atascamiento en la vía libre de embarcaciones dispuestas a trabajos de potabilización y pesca, materiales arenosos depositados en la represa que debido a su estancamiento dan lugar a sedimentaciones más elevadas, sedimentos que pueden representar puntos negativos para las centrales hidroeléctricas por la existencia de mayor desgaste en las turbinas debido al requerimiento de una mayor fuerza de trabajo y con ello una baja en su potencia.

Por otra parte, la alta tasa de evapotranspiración presente en los Jacintos de Agua afecta de forma directa a la fauna acuática debido a considerables pérdidas de volumen y oxígeno en el almacenamiento de agua, poniendo de esa forma en riesgo su calidad, además por su alta proliferación se convierte en un punto foco para diversas plagas como mosquitos y otros, que traerían como consecuencias múltiples enfermedades.

1.2 Justificación del Proyecto

En base a lo expuesto surge la necesidad de implementar alguna alternativa que favorezca en la reducción de los Jacintos de Agua para solucionar el incremento de problemas futuros tanto en salud como en economía para el sector de Daule – Peripa y las demás represas interconectadas a ella.

Para ello se propone el diseño de una planta procesadora de briquetas que utilice como materia prima el Jacinto de Agua, cuya su finalidad es su posterior transformación en biocombustible, de esa forma se contribuye en reducir su acumulación, además, se convierte en un gran aporte económico debido a la capacidad de comercialización en la producción de briquetas para industrias afines al empleo de biomasa como parte de su generación energética, tales como cementeras, piladoras, industrias azucareras e industrias manufactureras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una planta semi – continua procesadora de briquetas para su manejo como potencial energético utilizando de materia prima los Jacintos de Agua.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseño conceptual de la planta.
- Diseño de equipos mecánicos como bandas transportadoras, tolvas y transportador de tornillo.
- Selección de equipos mecánicos que funcionarán en el proceso.
- Desarrollo de un esquema 2D de la planta y equipos para una línea de producción.
- Aplicar Análisis de Elementos Finitos para obtener una simulación de los equipos a diseñar que lo requieran.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*)

1.4.1.1 Generalidades

El Jacinto de Agua es una planta acuática de tamaño variable, flotante y con una tasa de reproducción elevada, crece en ríos, estanques, represas y otros medios. Sus hojas son gruesas y están soportadas por medio de peciolos cuya elongación se encuentra en el rango de 50 y 100 cm que se expanden sobre la superficie a manera de un flotador (UNNE, 2019).

La reproducción con la que cuenta es del tipo asexual y sexual, donde su capacidad de crecimiento se estima en un rango de 300 plantas durante 23 días (EPA-EP, 2013).

Son originarias de la cuenca del Amazonas en América del Sur, al ser considerada una especie invasora su distribución se ha expandido por todo el mundo, razón por la que ha sido catalogada como una maleza acuática capaz de causar

problemas por sus propiedades de evapotranspiración (Solís Eileen & Vásquez Galo, 2019).

1.4.1.2 Características

Existen siete especies de Jacintos de Agua, siendo la más conocida el jacinto de agua común, *Eichhornia Crassipes*. El porcentaje de material seco del jacinto de agua varía entre el 5-9 %, además su mayor riqueza nutritiva se localiza en sus tallos, raíces y hojas.

Tabla 1.1 Poder calorífico promedio del Jacinto de Agua

Valores caloríficos por secciones del Jacinto de Agua	
Raíces	15.03 MJ/kg
Tallos	13.12 MJ/kg
Hojas	14.89 MJ/kg
Promedio	14.35 MJ/kg

Fuente: Physicochemical Characterization of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*)

En referencia a la Tabla 1.1 adjunta se presenta un estudio fisicoquímico del Jacinto de Agua realizado por (Javier S. Lara-Serrano,^a O. Miriam Rutiaga-Quiñones,^b Javier López-Miranda,^b Héctor A. Fileto-Pérez,^b Fabiola E. Pedraza-Bucio,^c José L. Rico-Cerda,^d and José G. Rutiaga-Quiñones, 2016) de la NC STATE UNIVERSITY en Carolina del Norte, donde se refleja en promedio un poder calorífico correspondiente a 14.35 MJ/kg.

Tabla 1.2 Poder calorífico de combustibles comunes.

Material	Poder calorífico
Carbón	24-35 MJ/kg
Leña	12-24 MJ/kg
Coque de petróleo	30-40 MJ/kg
Jacinto de Agua	14.35 MJ/kg

Fuente: Elaboración propia

Como variable comparativa en la Tabla 1.2 se presentan valores de poder calorífico presente en combustibles comunes, donde se evidencia que la energía desprendida mediante la combustión por parte del Jacinto de Agua se encuentra en un intervalo aceptable y similar al de la leña.

1.4.2 Impactos por la Invasión de Jacintos de Agua en los Embalses

1.4.2.1 Impacto a la Calidad del Agua

El Jacinto de Agua es una planta acuática que tiene un alto grado de proliferación, por lo cual reemplaza a la fauna acuática existente, este proceso se realiza con gran rapidez lo cual puede generar problemas a nivel ecológico, en el caso que el cuerpo de agua sea poco profundo puede convertirse en un pantano, por otro lado, en el caso que sea un cuerpo de agua con corrientes lentas, es un factor que contribuye a la sedimentación en el caso que existan partículas en suspensión. Debido a los Jacintos de Agua la capacidad efectiva de los volúmenes de agua, en especial reservorios, se pueden reducir hasta aproximadamente 400m³ de agua por hectárea. (Munjeri, Ziuku, Maganga, Siachingoma, & Ndlovu, 2015)

Con respecto al aspecto químico los jacintos de agua producen efectos directos, son capaces de absorber nitrógeno, fósforo, entre otros elementos. Esta capacidad tiene una clara ventaja y desventaja, en el aspecto industrial el Jacinto de Agua podría emplearse para limpiar zonas residuales de plantas industriales. Por otro lado, debido a que absorber elementos esenciales para la fauna marina genera que haya un desbalance ecológico, privando de alimento a fitoplancton, zooplancton y peces.

Al llegar al final de su etapa los Jacintos de Agua comienzan a descomponerse lo que genera una gran capa en la superficie del cuerpo de agua, generando sombra que dificulta el paso del sol para la vegetación que crece dentro del agua, por lo cual

muchas especies de peces se quedan sin alimento, también produce una deficiencia de oxígeno.

1.4.2.2 Sedimentación

El Jacinto de Agua provoca considerables reducciones en el flujo de agua presente en las represas, dando lugar a un incremento en la sedimentación. Dichos incrementos de sedimentos afectan altamente los niveles diseñados para riego y drenaje en campos, ya que el agua entregada resulta insuficiente para el abastecimiento (R. Labrada, J.C. Caseley y C. Parker, 1996, págs. 94 - 95).

1.4.2.3 Hidroeléctricas

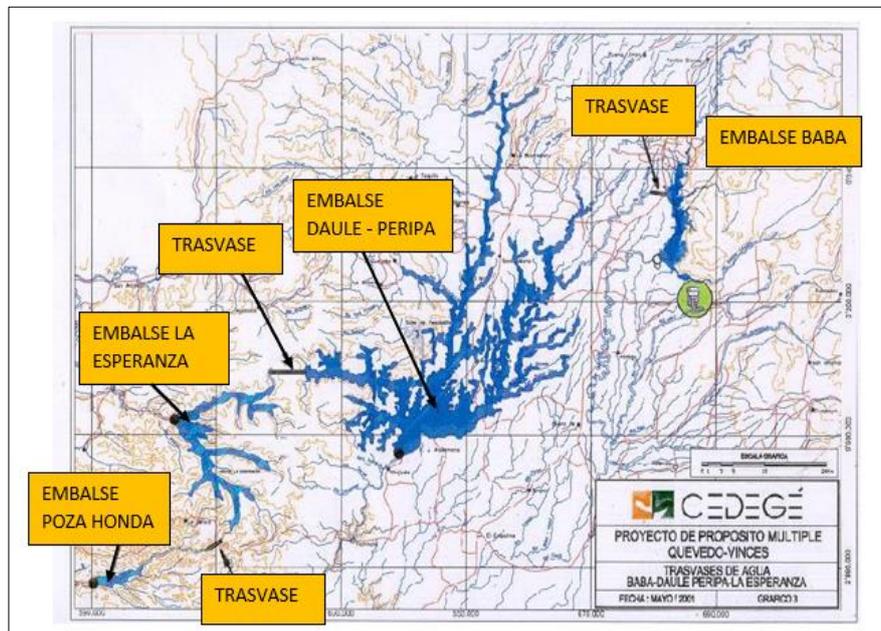


Figura 1.1 Ubicación de embalses

Fuente: (CEDEGE, s.f.)

El embalse Daule Peripa se encuentra ubicado al norte de la cuenca del río Guayas, éste fue parte del proyecto multipropósito dictado por el mandatario Jaime Roldós Aguilera, el cual tuvo como principal objetivo la formación de presas para el abastecimiento de agua en sectores de 5 provincias y para un posterior diseño de hidroeléctricas en

diferentes zonas (MRT, 2015). La central hidroeléctrica perteneciente al embalse Daule Peripa, se encuentra ubicada a 190 km en el cauce del río Daule, es conocida en la actualidad como “Central Marcel Laniado” y fue la más importante del proyecto multipropósito debido a que cuenta con una potencia nominal de 213 MW. (CELEC, 2013). La unidad generadora de la central cuenta con el funcionamiento de 3 turbinas tipo Francis con una potencia nominal de 71 MW. El Jacinto de Agua es una plaga que puede afectar de forma directa en el rendimiento de las hidroeléctricas ya que turbinas y otros componentes del sistema de transmisión se pueden ver afectados por estas malezas acuáticas arrastradas hacia las estaciones de la central, provocando daños e incluso una posible paralización en la generación por reparación (R. Labrada, J.C. Caseley y C. Parker, 1996, pág. 95).

1.4.3 Producción de Briquetas Para el Aprovechamiento Energético

El Jacinto de Agua debido a su naturaleza cumple con los requisitos para emplearse para la producción de energía, sin embargo, tiene un porcentaje de agua siendo el material seco únicamente 5%-9%. (Hasan, 2009) A pesar de esta desventaja se puede emplear en diferentes tipos de procesos como el compostaje, pélets o briquetado.

1.4.3.1 Briquetas

Se utilizan como biocombustible sólido para la generación de energía debido a su alta densidad energética, como características generales no son de gran tamaño, son sólidas y homogéneas, para un uso óptimo el contenido de humedad de la briqueta debe ser bajo. Las briquetas se pueden fabricar con diversos tipos de materia prima, comúnmente se encuentran fabricados con biomasa forestal, en especial con el desecho de los diversos tipos de maderas, es relevante mencionar que debido al avance de las industrias se empezó a integrar

diferentes tipos de biomásas, entre las cuales destacan los residuos agrícolas y biomasa de tipo silvestre.

Entre las principales ventajas de las briquetas como aplicación de biomasa destaca el beneficio al transportar y almacenar para la industria, al tener una alta densidad energética el espacio que se ocupa es menor, facilitando su comercialización.

1.4.3.2 Material Aglutinante

Un aglutinante es un compuesto que permite la adherencia agilizando la unión de partículas de una mezcla brindándole dureza, en si es una sustancia que permite adherir o unir un material con uno de igual o distintas propiedades. Los materiales aglutinantes pueden tener diversas procedencias, se clasifican en combustibles y no combustibles.

Cuando la calidad de las briquetas no cumple con las normativas técnicas, en especial a lo que refiere a densidad, existe la posibilidad de emplear un material aglutinante con el objetivo de actuar como un agente de conservación, intensificación o como modificador de las propiedades de la briqueta logrando que consiga adecuarse a los parámetros de calidad solicitados. (Gracia & Mateo, 2016)

El material aglutinante no se coloca de igual proporción que la biomasa, en específico para briquetas de Jacintos de Agua se presenta una compilación de proporciones sugeridas por diversos proyectos realizados.

Es necesario mencionar que las proporciones señaladas en la Tabla 1.3 son de proyectos realizados de características artesanales. Por otro lado, en proyectos de características industriales según (Rodrigues & Omondi, 2014) es recomendable no emplear un aglutinante debido a que las prensas briquetadoras y los procesos de secados que se emplean son más sofisticados. Para poder seleccionar

correctamente un aglutinante se requiere saber la disponibilidad y accesibilidad.

Tabla 1.3 Proporción de Jacinto de Agua: aglutinante

Aglutinante	Proporción (Jacinto de Agua: aglutinante)
Cáscara de plátanos	70:30:
Melaza	80:20
Polvo de carbón: estiércol de vaca	60:30:10
Almidón de yuca y maíz	75:25:00

Fuente: Elaboración propia

1.4.3.3 Normativas para Briquetas de Biomasa

Debido a la naturaleza del Jacinto de Agua la norma que más se ajusta a sus características es la norma UNE-EN 14961-6:2012: Biocombustibles sólidos detallada en la Figura 1.2. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 6: Pélets no leñosos para uso no industrial. (Solis & Vásquez, 2019)

Propiedades	Unidad	ÖNORM	SS	DIN	CTI R04/05	EN 14961-6
		M 7135	187120	51731		
		Pellets de corteza	Grupo 2	Pellets de Madera	A.2	B
Diámetro	mm	4-10	< 25	4-10	6±0.5- 8±0.5	6±1- 8±1
Longitud	mm	<5*D	<5*D	< 5*D	D ≤ L ≤ 5*D	3.15<L≤ 40
Densidad	kg/m ³	> 600	>500	Indicar	>600- ≤ 720	≥ 600
Humedad	% masa b. h	< 18	< 12	<12	≤ 10	≤15
Durabilidad	%	-	-	-	≥ 95	≥ 96
Ceniza	% masa b. h.	< 0.6	<1.5	<1.5	≤ 1.5	≤ 10
Poder calorífico	MJ/kg Kcal/g	>18	>15.1	17.5- 19.5	≥16.2 ≥ 3.870	≥ 13,2
Aditivos	% masa	< 2	Indicar	-	-	Indicar

Figura 1.2 Parámetros físicos y químicos

Fuente: Potencial energético de la Eichhornia Crassipes para su aplicación como biocombustible

1.4.3.4 Potencial Energético en Briquetas de Jacinto de Agua

Para poder evaluar el potencial energético de las briquetas fabricadas de biomasa es necesario mencionar el proyecto realizado por (Munjeri, Ziuku, Maganga, Siachingoma, & Ndlovu, 2015), en el cual empleando Jacintos de Agua y con melaza como aglutinante mediante un calorímetro de bomba se pudo medir el calor de combustión de varias muestras de briquetas, en el cual el poder calorífico bruto varió desde 14.5 – 20.57 MJ/kg, en comparación con la madera que tiene valores en rangos de 14,40 – 17.40 MJ/kg. A partir del cual se concluyó que es posible emplear briquetas de biomasa. Por otro lado, en otro estudio realizado en Colombia por (Rodríguez, Colmenares, Barragán, & M.Mayorga, 2017) se obtuvo un poder calorífico de 3.36 kcal/kg, a pesar de que el poder calorífico del carbón es de 6.552 kcal/kg y el de la leña es 4.17 kcal/kg, se debe considerar que el Jacinto de Agua es por su naturaleza una planta invasora que al estar libre en la naturaleza genera que los costos sean menores por lo cual se confirma que las briquetas de Jacintos de Agua sean una opción posible.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proceso de diseño para cada uno de los sistemas que componen la planta fue bosquejado de forma sistemática mediante el manejo de un diagrama de bloques Figura 2.1, donde se reflejan todos los aspectos y consideraciones a tomar en cuenta para lograr un correcto modelo de la planta procesadora de Briquetas.

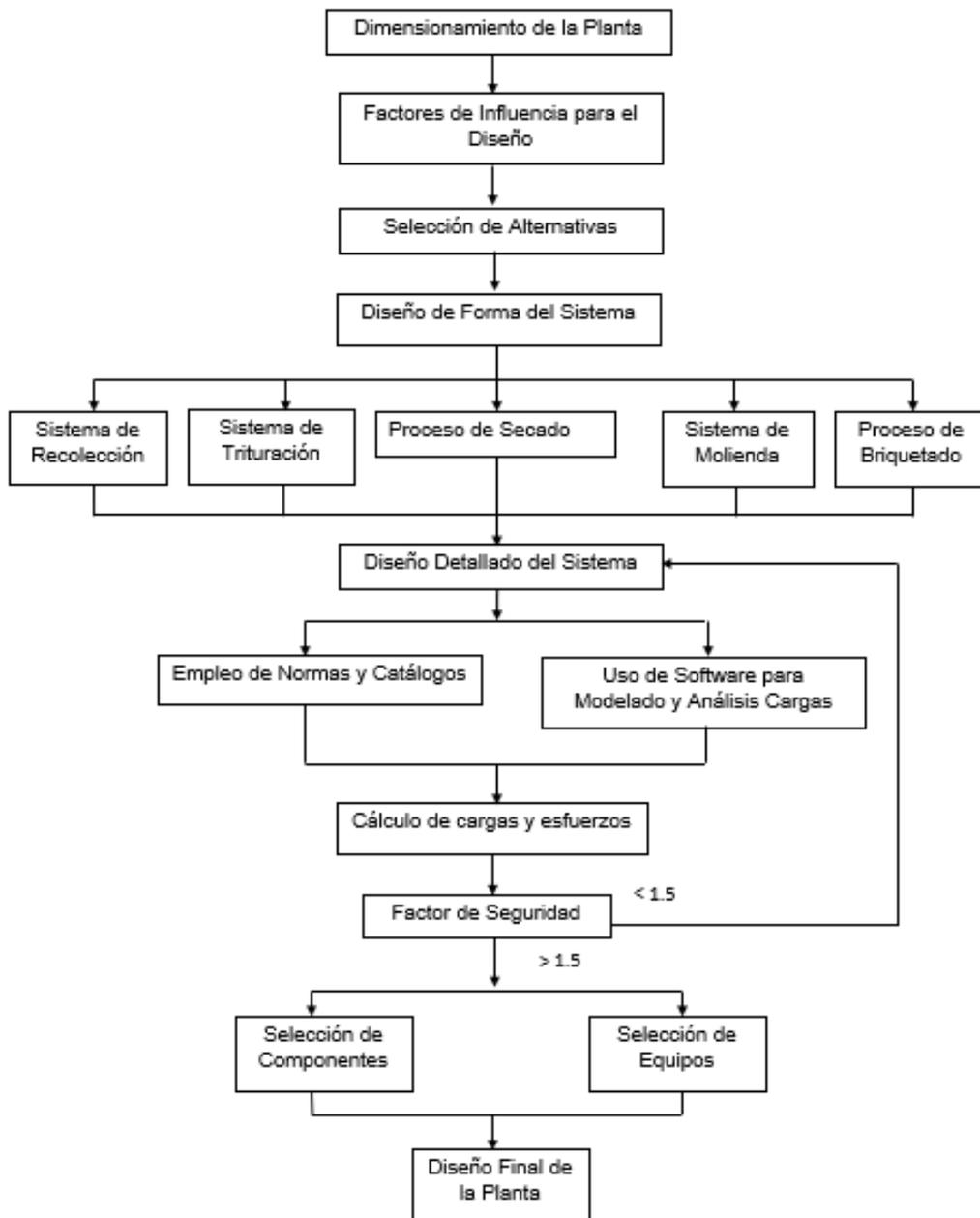


Figura 2.1 Metodología del diseño

Fuente: Elaboración propia

2.1 Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

2.1.1 Capacidad de Producción

Para definir la capacidad productiva que tendrá la planta fue necesario describir 3 parámetros, los mismos que se detallaron a continuación:

Tabla 2.1 Detalle del área afectada por Jacinto de Agua en embalses

Embalse	Área de embalse (ha)	Área afectada por jacinto de agua (ha)	% de afectación	% de afectación del área total
Daule Peripa	30000	8000	27%	22%
El Azúcar	842	210	25%	1%
Chongón	1738	956	55%	3%
Poza Honda	3400	375.5	11%	1%
La Esperanza	1004	702.8	70%	2%
Área total de embalses (Ha)	36984			

Fuente: (EPA-EP, 2013)

De acuerdo con información brindada por la EMPRESA PÚBLICA DEL AGUA se manifiesta en la Tabla 2.1 que el área afectada por la maleza acuática en el embalse Daule Peripa es de 8000 hectáreas, siendo éste el que presente un mayor porcentaje de afectación tomando como base el área total de todos los embalses en cuestión. El dato de área afectada por medio de un factor de conversión se lo puede representar en toneladas por año, con la finalidad de tener una noción de la capacidad de almacenamiento anual de Jacintos de agua en el embalse.

Relación de conversión: 487 toneladas de lechuguín equivale a 1 hectárea.

$$8000 \frac{ha}{año} * \frac{487 t}{1 ha} = 3896000 \frac{t}{año}$$

RECOLECCIÓN

El método de recolección escogido en la Tabla 2.2 fue por medio de barcazas, en base a ese parámetro se dispuso el empleo de 2

barcazas con capacidad de 10 toneladas, destinando un aproximado de 15 viajes diarios para cada una.

$$\text{Capacidad de la barcaza} = 10 \frac{t}{\text{viaje}}$$

Volumen admisible de jacinto de agua dentro de la barcaza

$$V_{adm} = \frac{\text{Capacidad de la barcaza}}{\rho_{jacinto}}$$

$$V_{adm} = \frac{10 \frac{t}{\text{viaje}}}{0.6 \frac{t}{m^3}}$$

$$V_{adm} = 16.67 \frac{m^3}{\text{viaje}}$$

Con la cantidad de viajes considerados para cada barcaza y asumiendo horas de recolección constante de jacintos de agua se determinó la capacidad de despacho

$$\text{Capacidad}_{despacho} = 2 \text{ barcazas} * \frac{15 \text{ viajes}}{5 h} = 6 \frac{\text{viajes}}{h}$$

Posterior al cálculo realizado se tuvo la capacidad de recolección

$$\text{Capacidad de recolección} = \text{Capacidad}_{despacho} * V_{adm} * \rho_{jacinto}$$

$$\text{Capacidad de recolección} = 6 \frac{\text{viajes}}{h} * 16.67 \frac{m^3}{\text{viaje}} * 0.6 \frac{t}{m^3}$$

$$\text{Capacidad de recolección} = 60 \frac{t}{h}$$

La capacidad de recolección será de 60 t/h de lechuguín húmedo.

PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

Mediante la relación porcentual de sólido presente en el jacinto de agua y considerando la capacidad de recolección con las barcazas definidas, se definió la capacidad de producción.

$$\text{Capacidad de producción} = 60 \frac{t}{h} * 5\%$$

$$\text{Capacidad de producción} = 3 \frac{t}{h}$$

2.1.2 Transporte del Producto

En el proceso de la planta existen 2 puntos que requieren el transporte del material, el primero para transportar la materia prima luego del triturado y el segundo para el despacho del producto final.

- Un cargador de ruedas de la marca CATERPILLAR modelo 930M con una capacidad de cucharón entre 3.1- 5m³. Las especificaciones técnicas se muestran en el apéndice H.
- Un camión de la marca JAC modelo HFC 1063KN con una capacidad de 6 ton. Las especificaciones técnicas se muestran en el apéndice H.

2.1.3 Diagrama de Flujo del Proceso

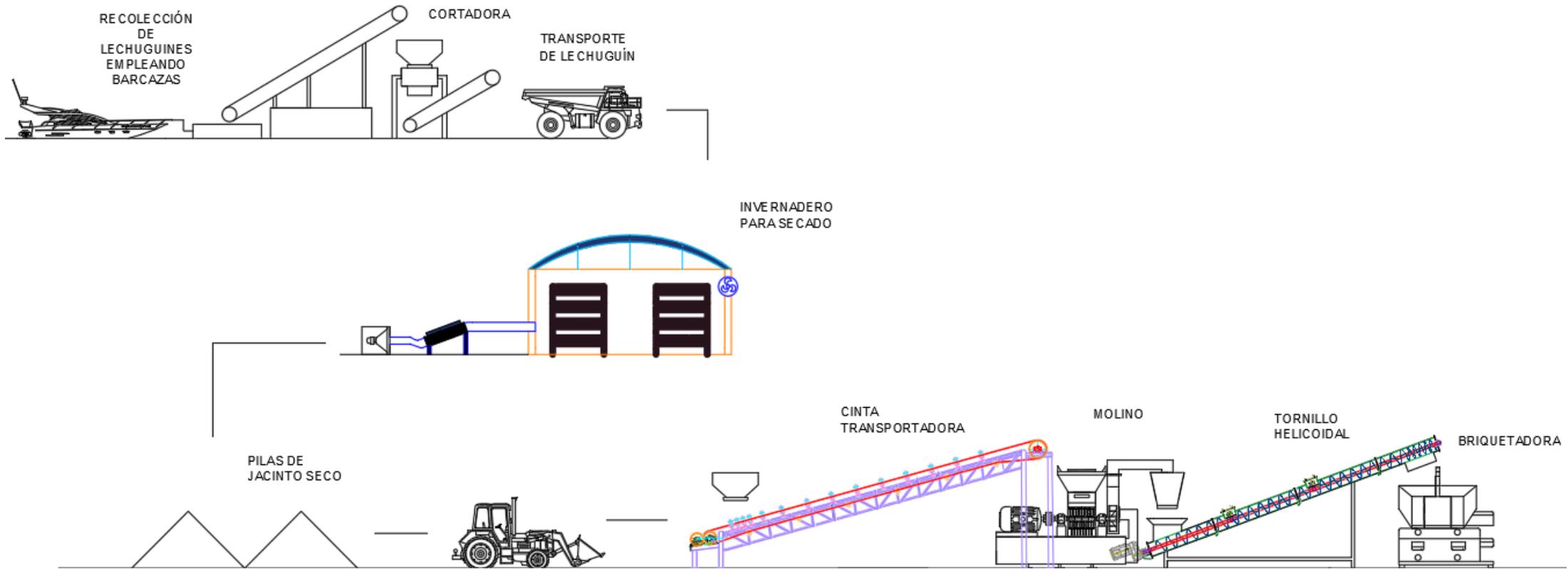


Figura 2.2 Diseño conceptual de la planta

Fuente: Elaboración propia

2.1.4 Ubicación de la Planta

La ubicación del embalse Daule Peripa abarca 30000 hectáreas que corresponden al lago, este es un punto estratégico inicial para tratar el problema de invasión de los Jacintos de agua en otros embalses como la Esperanza, Poza Honda y comunas cercanas como la Manga del cura y Santa Teresa.

Para la ubicación de la planta se consideró dos aspectos fundamentales, en este caso la macro-localización escogida fue en las cercanías de la Represa de Daule Peripa, mientras que para la micro-localización se definieron ciertos aspectos entre los cuales se encuentran:

- **Costos de servicios básicos:** Es sumamente importante que la planta esté ubicada en algún punto donde exista accesibilidad de servicios básicos, este punto es primordial en especial lo que respecta a energía eléctrica y agua potable.
- **Costos de transportación:** El transporte de la materia prima es vital para el funcionamiento de la planta por lo que el costo no debe ser muy elevado, por ello la planta se debe ubicar a las cercanías de la fuente y contar con una infraestructura vial y un estado del terreno en buenas condiciones.
- **Seguridad:** Debido a la inversión que se realizará en el proyecto es necesario que la planta se encuentre cerca de algún punto de auxilio de cuerpo de bomberos o policías, o al menos que sea accesible el ingreso en el caso de que sea necesario.
- **Comercialización:** Es importante considerar que el área de acogida para la planta esté cercana a puntos donde sea necesario la adquisición del producto terminado.

Tomando en cuenta los parámetros mencionados se escogió como zona de ubicación la región de la Presa Daule Peripa, cercana a la Central Hidroeléctrica Figura 2.4, donde se destacan dos zonas, la de recolección y a 5 km de distancia la zona de la planta, dicha elección se realizó con los siguientes fundamentos:

- Datos registrados en el 2013 por CELEP EP detalla el interés existente por parte de regiones como la del manga del cura, Santa Teresa, Florida en contar con Plantas que traten el Jacinto de agua del embalse Daule Peripa para obtener recursos que generen biogás y de esa forma contribuir de manera directa a evitar la proliferación de la maleza, razón por la que la Planta tiene cercanía a dichas comunas.
- Para fines de comercio la ubicación es aceptable, debido a que las regiones y comunas con cercanía tiene con principal fuente de trabajo las labores de agricultura, manejo de piladoras, donde se requieren hornos y sistemas de secado en los que se pueden emplear las briquetas como bio combustible.
- En aspectos ambientales y terreno, la ubicación antes de ser vigente como un proyecto para la creación de la Hidroeléctrica perteneciente a Daule Peripa era una potencial zona de cultivos, por lo que las condiciones del suelo en la región son buenas, adicional a esto, en la Figura 2.3 se detalla las condiciones climáticas presente en la zona Daule Peripa, donde se muestra que los días soleados alcanzan un promedio de 30°C, temperatura que es buena para el proceso de secado del Jacinto de agua.

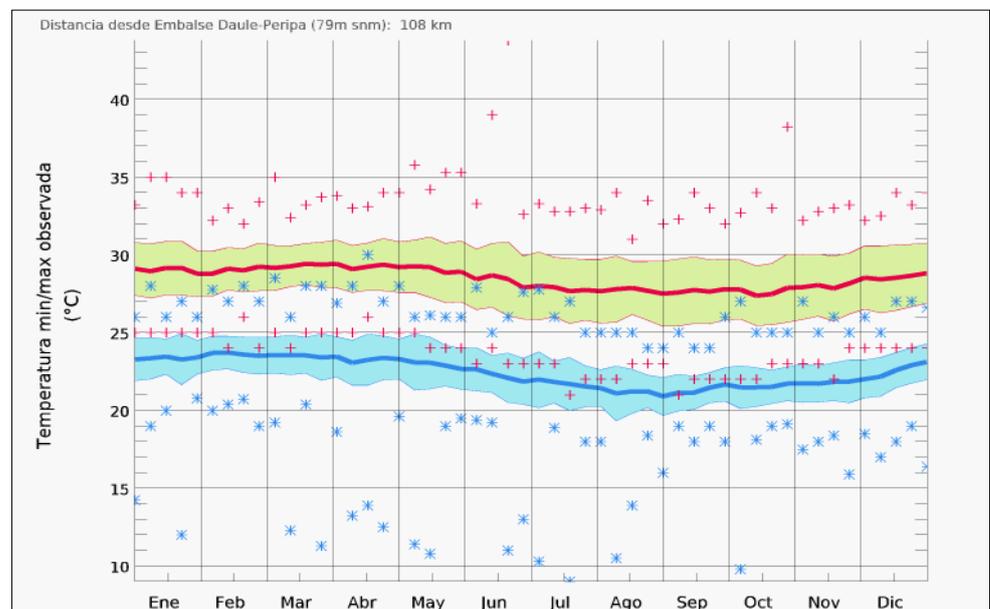


Figura 2.3 Datos climáticos presente en el Embalse Daule Peripa
Fuente: (Meteoblue , s.f.)

UBICACIÓN

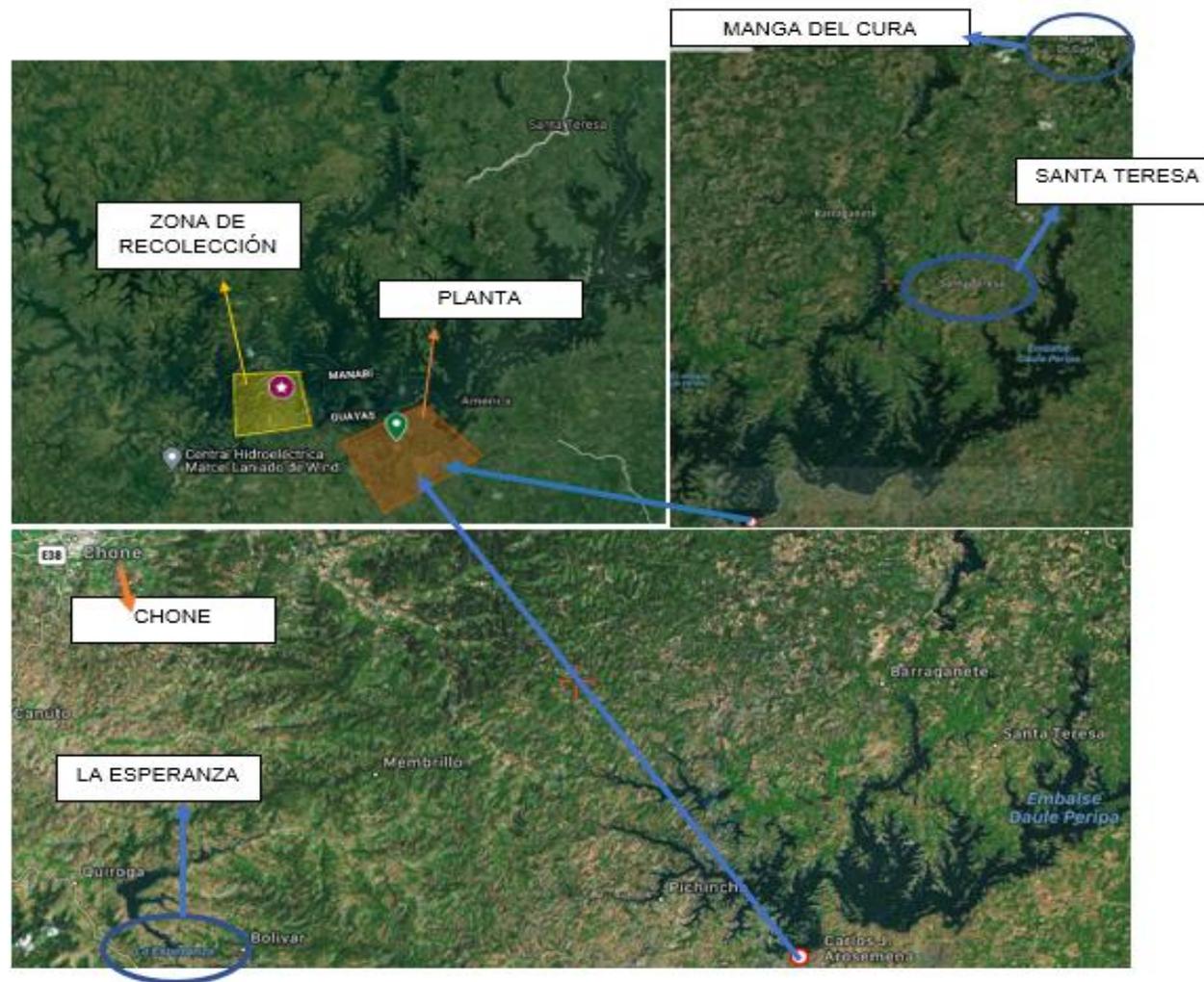


Figura 2.4 Ubicación geográfica de la planta
Fuente: Elaboración propia

2.2 Selección de Alternativas

Para la selección de las mejores alternativas de sistemas en la Planta se optó por el manejo de matrices de decisión, dicho método basó su metodología en realizar comparaciones entre equipos o sistemas por medio de una evaluación de criterios óptimos y deseados, los cuales están fundamentados en los factores de influencia.

Los criterios seleccionados tuvieron una ponderación en peso cuya suma alcanzó un 100%, además, se contó con una nota parcial la cual calificó a cada una de las alternativas propuestas con valores del 1 al 5, siguiendo el orden de menor a mayor nota respectivamente.

2.2.1 Factores de Influencia para el Diseño

Los factores que tienen influencia en el dimensionamiento, selección de equipos, geometrías, entre otros, son los siguientes:

- **Velocidad de recolección:** Para tener una buena producción en la planta, el método de obtención de la materia prima debe ser rápido, de tal manera que exista la cantidad suficiente para un total abastecimiento.
- **Capacidad de recolección:** Es un factor de suma importancia para obtener datos que permitan definir la capacidad total en producción de la planta.
- **Capacidad de producción:** Es un factor determinante para conocer la producción final del sistema, además es necesario para la selección de equipos y elementos constituyentes de la planta.
- **Facilidad de operación:** Debido a la cantidad de procesos necesarios para tener el producto final, es necesario contar con equipos y métodos de desarrollo que sean sencillos de manipular y que no generen gastos adicionales por fallas en el manejo.
- **Ubicación:** Debido a la disponibilidad libre en la naturaleza y a las características del jacinto de agua, se requiere de una ubicación cercana a la fuente de la materia prima con espacio suficiente para realizar los procesos de secado.

- **Costo:** Este factor es determinante para la selección de equipos y el diseño general debido a que incide directamente en el costo de adquisición de materiales y la rentabilidad que tendrá el proceso.
- **Humedad de la materia prima:** Debido a los procesos que se aplicarán al jacinto de agua se conoce que existirá pérdida de agua, lo cual es la mayor parte de su composición, por tal motivo es necesario conocer la densidad ya que influye en la forma y geometría de los elementos.
- **Transporte:** El cambio de volumen del jacinto de agua a lo largo del proceso influye directamente en los equipos que se empleen en el transporte, tanto de la materia prima como del producto final.
- **Mantenimiento:** Para que el producto sea rentable es necesario que los costos de mantenimiento sean bajos debido a que estos aumentan los costos de producción.
- **Dimensiones:** Para el diseño de los equipos es importante tener en cuenta que las medidas sean óptimas, de tal manera que no existan sobredimensionamientos que generen más costos.
- **Montaje e instalación:** Este parámetro define la eficiencia que presente la máquina diseñada.
- **Velocidad de secado:** El proceso de secado para el Jacinto de agua es un paso fundamental en la elaboración de las briquetas, por lo que es menester contar con un sistema que permita una reducción uniforme de la humedad.

2.2.2 Propuesta para el Sistema de Recolección

Recolección manual

Método recomendado por (SENAGUA) como un primer paso para reducir la proliferación de la maleza acuática (Figura 2.5), genera un impacto económico positivo y brinda oportunidades de trabajo para habitantes de embalses cercanos, sin embargo, es un método de recolección limitado y perjudicial para la salud de las personas encargadas de la actividad.



Figura 2.5 Recolección manual de Jacintos de Agua

Fuente: (SENAGUA)

Recolección por medio de barcazas

La técnica de recolección empleando medios mecánicos (Figura 2.6) tiene como principal beneficio el de acelerar y aumentar la capacidad de extracción de Jacintos de Agua.



Figura 2.6 Recolección mecánica de Jacintos de Agua

Fuente: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/turbias-aguas-daule-mas-dificiles-beber/>

Matriz de decisión

Alternativa 1: Recolección manual

Alternativa 2: Recolección mecánica por medio de barcazas

En base a la Tabla 2.2 la mejor alternativa para el sistema de recolección resultó ser la de por medio mecánica, la cual obtuvo un total de 3.95 puntos en calificación.

Los criterios para la evaluación se enfocaron en el desarrollo de los Factores de Influencia para el Diseño, los cuales fueron velocidad y capacidad de recolección con una ponderación del 25%, costo del sistema con un porcentaje del 35% debido a la importancia de su requerimiento y la facilidad de operación con un 15%.

Tabla 2.2 Matriz de selección para el sistema de recolección

Criterios	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total
Velocidad de recolección	25,00%	2	0,5	5	1,25
Capacidad de recolección	25,00%	2	0,5	5	1,25
Costo	35,00%	5	1,75	2	0,7
Facilidad de operación	15,00%	3	0,45	5	0,75
Suma total	100,00%	3,2		3,95	

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Propuesta para el Sistema de Transporte

Banda transportadora

Una banda transportadora (Figura 2.7) es un sistema que se emplea para la transportación de materiales al granel. Este sistema es ampliamente utilizado debido a su gran versatilidad, se adaptan a las condiciones del terreno en las cuales se instalan, están en capacidad de transportar grandes cantidades de material, entre otras ventajas. En este caso se propone emplear una banda transportadora para transportar los Jacintos de Agua luego de ser desembarcados desde el punto de recolección hasta la trituradora, luego de cumplir el proceso

de secado se propone una segunda banda transportadora para transportar el material seco al sistema de molienda.



Figura 2.7 Banda transportadora
Fuente: (ETM, s.f.)

Transportador helicoidal

El transportador helicoidal (Figura 2.8) está conformado por un tornillo que tiene la función de transportar el material en función del movimiento del tornillo dentro de un ducto desde un punto a otro, es ampliamente utilizado en el transporte de materiales al granel y polvos finos. Es un sistema que transporta generalmente en longitudes cortas, mientras que para medias o largas no es tan común, además, tiene limitaciones como respecto al tamaño de partícula del material. Uno de los requerimientos del transportador helicoidal es que el material debe fluir libremente, en caso de no hacerlo se debe emplear un mecanismo auxiliar.

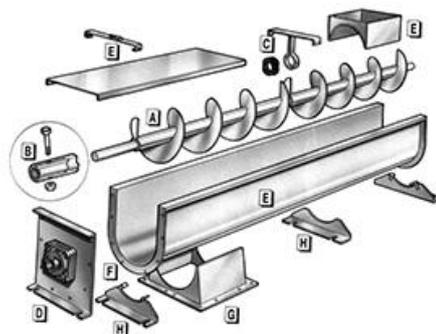


Figura 2.8 Transportador helicoidal
Fuente: (ETM, s.f.)

Elevador de cangilones

El elevador de cangilones (Figura 2.9) es uno de los sistemas más empleados a nivel industrial para transportar verticalmente distintos tipos de materiales como lo son al granel, secos, polvos, húmedos y para ciertas aplicaciones especiales con material líquido. Su diseño y construcción varía de acuerdo con las características presente en el producto a elevar.

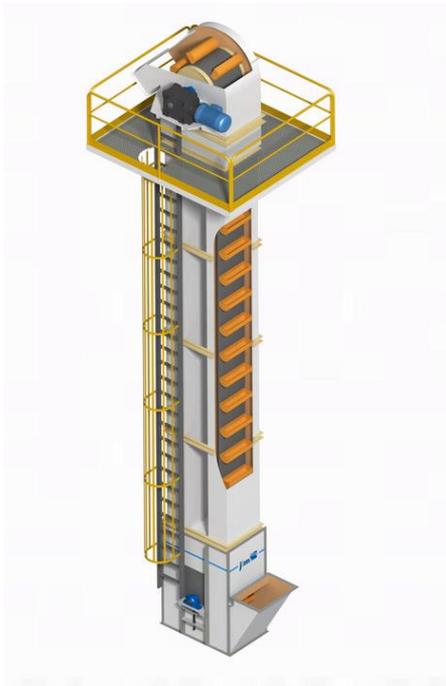


Figura 2.9 Elevador de cangilones
Fuente: (Universidad Carlos III de Madrid)

Matriz de decisión

Como alternativas de transportadores se presenta:

Alternativa 1: Transportador helicoidal

Alternativa 2: Elevador de cangilones

Alternativa 3: Banda transportadora

En referencia a la Tabla 2.3 la mejor alternativa para transportar el Jacinto de Agua post molienda fue utilizando un Transportador Helicoidal, con un total de 4.6 puntos como calificación en los criterios propuestos.

Tabla 2.3 Matriz para transporte del Jacinto de Agua post proceso de molienda

Criterios	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total
Efectividad en el transporte	15%	5	0,75	4	0,6	4	0,6
Dimensiones	15%	5	0,75	4	0,6	3	0,45
Mantenimiento	20%	4	0,8	4	0,8	5	1
Costo	30%	5	1,5	3	0,9	4	1,2
Montaje e instalación	20%	4	0,8	4	0,8	5	1
Suma total	100%	4,6		3,7		4,25	

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Propuesta para el Sistema de Molienda

Molino de rodillos

El molino de rodillos (Figura 2.10) es ampliamente utilizado en la molienda de cemento (material seco). El material ingresa por la boca directamente a las huellas de molido, el material empieza a ser molido y por acción de la fuerza centrífuga se desplaza hacia los bordes colocándose en el perímetro, una corriente de gas caliente ingresa lateralmente de manera veloz a la zona de molino, el material es levantado y el producto que cumpla con el tamaño del clasificador pasa hacia la zona de descarga, el proceso continúa hasta que el material sea aceptable.



Figura 2.10 Molino de rodillos.

Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2012)

Molino de martillos

Su funcionamiento se da por el impacto sobre el material que se requiere desintegrar (Figura 2.11). El material entra por la boca y debido a la fuerza gravitacional ingresa a la cámara de desintegración, en la cual el material es impactado por martillos, este proceso se repite hasta que el material alcanza un tamaño que le permite pasar por las rejillas, es por tal motivo que el tamaño a la salida puede variar. Este tipo de molinos se emplean con materiales que no sean demasiado duros o abrasivos.

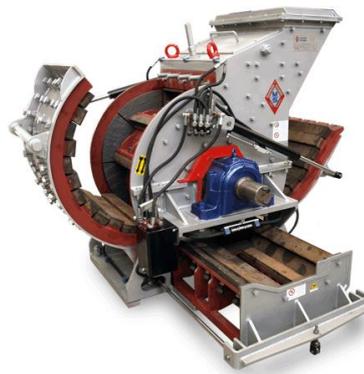


Figura 2.11 Molino de martillos

Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2012)

Molino de bolas

Su estructura está formada por un cuerpo cilíndrico con un eje horizontal (Figura 2.12) que al interior tiene bolas libres, es accionado por un motor, las bolas tienen un movimiento “en cascada” con lo cual rompen el material al interior por percusión y fricción. Se puede emplear tanto para molienda húmeda y seca, lo cual limita el tipo de descarga.

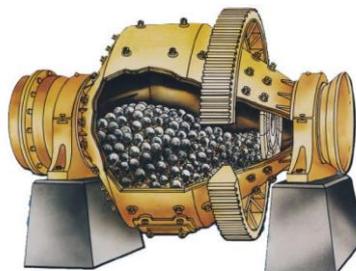


Figura 2.12 Molino de bolas

Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2012)

Se proponen alternativas de solución con respecto al sistema de molienda considerando como opciones el molino de bolas, de martillos y de rodillos. En la Tabla 2.4 se indica la mejor solución. Para la matriz se consideran 3 alternativas, se designa una letra 1, 2 y 3 que designan al molino de bolas, de martillos y de rodillos respectivamente. Luego se analizaron los factores de influencia más críticos para este equipo. Debido a la naturaleza del proyecto al emplear una biomasa de desecho el criterio del costo es el punto más relevante con un 35%, seguido del consumo de energía con 25% que también contribuye parcialmente a que el proyecto tenga una operación más costosa, con un 20% se ubica la humedad de la materia prima como factor que influye en la selección del molino y, por último, el mantenimiento con 20%.

Tabla 2.4 Matriz de selección para molienda del Jacinto de Agua

Criterios	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total
Costo	35%	2	0,7	5	1,75	4	1,4
Mantenimiento	20%	2	0,4	5	1	3	0,6
Humedad de la materia prima	20%	3	0,6	4	0,8	5	1
Consumo de energía	25%	3	0,75	5	1,25	2	0,5
Suma total	100%	2,45		4,8		3,5	

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Propuesta para el Sistema de Secado

Secado artificial

Para el secado de forma artificial se emplea el uso de la energía de combustión en hornos tipo bandeja (Figura 2.13) como medio para elevar la temperatura. El sistema cuenta con la acción de un ventilador para mover el aire caliente generado por una chispa del quemador (POST - COSECHA). Estos tipos de secadores manejan combustible o biomasa para generar la llama.



Figura 2.13 Bandeja de secado artificial

Fuente: (Jordi Besora Magem)

Secadoras artificiales de flujo continuo

Son equipos más sofisticados en la Industria, cuentan con un proceso de secado automatizado y soportan altos rangos de temperatura. Entre ellos se destaca el secador de tambor (Figura 2.14).



Figura 2.14 Secador de tambor Industrial

Fuente: <http://www.czxf.cn/es/1-2-rotary-drum-dryer.html>

Secado solar (Híbrido)

Este tipo de secado maneja la energía solar por medio de un colector (Figura 2.15), donde los rayos luminosos son atraídos y transformados en calor (Martín Almada, María Stella Cáceres, Marta Machaín-Singer, Jean Claude Pulfer, 2005).

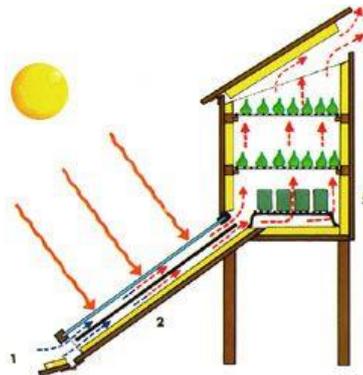


Figura 2.15 Secador solar
Fuente: (TERRA ECOLOGÍA PRÁCTICA)

Secado natural

Tipo de secado en el que se emplean bandejas de madera, charolas o zarandas para exponer la materia prima al sol, la construcción de la superficie para una producción a gran escala debe estar resguardada bajo techo para que sirva de protección ante lluvias.

Matriz de decisión

Alternativa 1: Secado combinado (Natural y artificial)

Alternativa 2: Secado artificial de flujo continuo

Alternativa 3: Secado solar

Tabla 2.5 Matriz de selección para el proceso de secado

Criterios	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total	Nota Parcial	Total
Velocidad de secado	30%	3	0,9	5	1,5	4	1,2
Mantenimiento	20%	4	0,8	4	0,8	5	1
Costo	30%	4	1,2	2	0,6	5	1,5
Humedad de la materia prima	20%	3	0,6	5	1	4	0,8
Suma total	100%	3,5		3,9		4,5	

Fuente: Elaboración propia

En base a la Tabla 2.5 se tuvo con 4.5 de puntaje el secado solar como medio para reducir la humedad del Jacinto de Agua.

2.3 Descripción de los Procesos de la Planta, Diseño y Selección de Equipos

2.3.1 Recolección de Materia Prima

La recolección de la materia prima será por medio del manejo 2 de barcazas con banda transportadora incorporada, cada una con capacidad de 10 toneladas, la cual permitirá limpiar 1000 ha de la represa. En la Tabla 2.2 se muestran los criterios y beneficios que presenta el empleo de una recolección mecánica. Las barcazas presentaron como objetivo llevar a su máxima capacidad el Jacinto de Agua hacia la costa del embalse Daule - Peripa, donde estará situada una cinta transportadora para traspasar el Jacinto de Agua hacia la siguiente fase de su proceso.

Sistema de Transportación

El transporte de la materia prima desde la barcaza hacia el área de trituración se realiza empleando un transportador de banda, de igual manera posterior al secado para movilizar el material hacia el proceso de molienda. Para el sistema de bandas transportadoras se siguió la normativa americana CEMA (CEMA, 2020), para la selección de componentes y accesorios se emplearon los catálogos de Goodyear (Goodyear), Siemens y Martin (Martin Sprocket and Gear.inc, 2013). De manera general se requiere dimensionar y seleccionar la banda transportadora considerando los siguientes factores:

- Producto por transportar.
- Distancia y elevación del sistema.
- Condiciones de operación.

El procedimiento que se empleó para el diseño de los transportadores de bandas se detalla a continuación de manera resumida:

1. De acuerdo con el producto a transportar se definen las propiedades.
2. Definir el ángulo de los rodillos, en función del material y la capacidad. Se estima con la norma el área transversal y la capacidad de transporte.
3. Se define un tentativo ancho de banda.

- Se calcula el PIW para confirmar la selección tentativa.
 - Se calcula que la capacidad de la banda no exceda el 75% de la capacidad total.
4. Se establecen condiciones de trabajo para los rodillos de carga y retorno para realizar la estimación de los factores de servicio. De acuerdo con las propiedades del material que se transporta se selecciona el tipo de rodillo, las condiciones de servicio del sistema y la velocidad recomendada de la banda.
 5. Determinación de la fuerza requerida para elevar el producto, factores de temperatura para el transporte del material, factor de fricción de rodillos de transporte y retorno, factor de resistencia de la faja. Empleando un diseño de forma se definen los accesorios que se requieren y se estima una fuerza de tensión añadida por accesorio. Se calcula la tensión efectiva.
 6. Cálculo de la potencia del sistema, considerar las eficiencias del motor, transmisión y accionamiento.
 7. Selección del tambor motriz y diseño del eje motriz, empleando un factor de seguridad para la fatiga (FS) de 1.5.
 8. Diseño de la estructura de soporte.

En función al proceso de la planta se requiere conocer las propiedades en para poder diseñar 2 bandas transportadoras con distintas capacidades. Las propiedades de interés se detallan en la Tabla 2.6:

Tabla 2.6 Propiedades de los materiales empleados en el proceso

Material	Densidad $\left(\frac{lb}{ft^3}\right)$	θ_{rep}°	Ángulo máximo $^\circ$	Nivel de fluidez	Nivel de abrasión
Jacinto de Agua (húmedo)	25-45	40 $^\circ$	18	4	6
Jacinto de Agua (triturado y seco)	12-15	40 $^\circ$	18	4	5

Nivel de fluidez: 4-Pesado: Ángulo de reposo de 40 a más
 Nivel de Abrasión:5-Abrasivo 6- Abrasivo

Fuente: Elaboración propia

La carga horaria de trabajo de los transportadores de banda es de 8 horas, la velocidad de operación tanto de la B1 y B2 es de 1.01 m/s, debido al tipo de ambiente y la ubicación de la planta se considera que la limpieza y el mantenimiento son escasos, además es común que al transportar polvo se produzca acumulación, el rango de la temperatura de trabajo se selecciona en función de las temperaturas promedio registradas en el embalse Daule-Peripa que son 15°C a 40°C. Estas condiciones se cuantifican al aplicar los factores de corrección de los rodillos de carga. (APÉNDICE C). Los datos de diseño para B1 y B2 se detallan en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Características generales de los transportadores

Características	B1	B2
Material	Jacinto de Agua (húmedo)	Jacinto de Agua (Seco y triturado)
Longitud horizontal [mm]	8705	7930
Elevación [mm]	3950	3750
Inclinación[°]	18	18
Velocidad de banda [m/s]	1.01	0.5
Temperatura de Trabajo	15-40	15-40
Capacidad [t/h]	60	3

Fuente: Elaboración propia

El cálculo detalla para el diseño de B1 y B2 se encuentra en los APÉNDICES D, E y F.

2.3.2 Sistema de Trituración

El Jacinto de Agua al salir del embalse tiene una humedad mayor al 90% para facilitar el proceso de secado se emplea un proceso de triturado en el cual se reduce el volumen en un 64% y el peso específico un 32%. Empleando una cortadora con la finalidad de obtener partículas de menor tamaño se podrá facilitar el proceso de secado que se realiza posteriormente.

2.3.3 Proceso de Secado

Debido al alto porcentaje de humedad presente en el Jacinto de Agua, surge la necesidad de aplicar un proceso de secado el cual permita una reducción de mínimo 15% HR, y con ello aprovechar al máximo su poder calorífico. De los diversos métodos para secado descritos en la sección 2.2.5 se escogió como alternativa el secado solar, apoyado con un sistema de paneles solares con ventilación forzada los cuales le darán un plus a la eficiencia del proceso. Para el diseño del sistema de secado se empleó como guía un informe científico realizado en Egipto, cuya temática es “EL SECADO DEL JACINTO DE AGUA POR MEDIO DE UN SECADOR SOLAR DE BANDEJAS MÚLTIPLES” (SHOUGHY M. I., A. F. ABDRAHMAN and A. B. EL-NAGAR, 2014). Del mencionado informe experimental se obtuvieron datos de consideración (Tabla 2.8) para adaptarlos a los requerimientos de capacidad deseada.

Tabla 2.8 Datos experimentales para el secado del Jacinto de Agua

DATOS CONSIDERADOS	
Temperatura del ambiente	30.3°C
Temperatura interior del invernadero	52°C
Humedad del invernadero	36%
Velocidad de secado	2 días
Dimensiones de bandejas	1.5 m x 1.8 m x 0.7 m

Fuente: Elaboración propia

Como punto de inicio se tuvo que calcular la cantidad de bandejas necesarias para secar la suficiente materia prima, de tal manera que se pueda tener la producción de $3 \frac{t}{h}$, para ello se empleó la siguiente relación (2.1):

$$kg \text{ a secar} = \text{Capacidad de recolección} \left[\frac{kg}{h} \right] * \text{Tiempo de operación}[h] \quad (2.1)$$

Posterior a ello se calculó la capacidad de cada bandeja considerando la densidad del Jacinto de Agua y el volumen de la bandeja mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de bandeja} = \rho_{\text{jacinto}} * \text{Volúmen}_{\text{bandeja}} \quad (2.2)$$

Finalmente, el número de bandejas se lo tuvo relacionando mediante la ecuación (2.3) los kg a secar de Jacinto de Agua con la capacidad de cada bandeja.

$$\text{Número de bandejas} = \frac{\text{kg a secar}}{\text{Capacidad de bandeja}} \quad (2.3)$$

Conocida la capacidad y el número de bandejas para almacenar la cantidad necesaria de Jacinto de Agua se pudo dimensionar el invernadero considerando manuales técnicos para agricultura, donde se recomienda un largo máximo de 40 m, ancho de 12 m y una altura estándar de 5 m.

Para evaluar las condiciones interiores de diseño del invernadero se empleó un software de climatización Carrier Hourly Analysis Program (HAP) para el cálculo de carga térmica y con ello determinar la cantidad de calor que se debe suplir al sistema para mantener la temperatura de secado estable.

Para el cálculo de calor por radiación que ingresa al invernadero de forma directa se aplicó la siguiente ecuación (2.4):

$$Q_{\text{rad}} = A_i * I \quad (2.4)$$

Conociendo el calor por radiación que ingresa al invernadero y el calor perdido se puede estimar la cantidad de energía que deben aportar los colectores solares para cumplir con las condiciones interiores y con ello calcular el área de ocupación.

$$A_c = \frac{Q_u}{I * \eta} \quad (2.5)$$

Para el cálculo de los CFM necesarios para el suministro de aire y con ello seleccionar la potencia del ventilador se aplicó la siguiente ecuación (2.6):

$$\text{CFM}_{SA} = \frac{q_s}{1.10(T_z - T_{SA})} \quad (2.6)$$

Para seleccionar la temperatura del suministro de aire se tomó en cuenta un análisis Psicométrico.

Desde la pila de Jacintos de Agua secos hasta el punto de descarga a la banda transportadora el cargador se toma aproximadamente 3 minutos, logrando realizar 20 viajes por hora.

Se conoce que:

Volumen de material a transportar post-secado= $302.4m^3$

$$\rho_{\text{jacinto de agua seco}} = 235 \frac{kg}{m^3}$$

Considerando que en 5 horas de operación se realizan 100 viajes

$$V = \frac{302.4 m^3}{100 \text{ viajes}} = 3.02 \frac{m^3}{\text{viaje}}$$

Las características del cargador se indican en el APÉNDICE H.

Tolva De Alimentación

Para el diseño de la tolva se utiliza la norma UNE-ENV 2006 (Figura 2.16), como restricciones con respecto a la geometría se debe considerar que la tolva será alimentada por un cargador por lo cual se utiliza las dimensiones de la cuchara como dato de entrada, mientras que para la salida de la tolva se tiene como restricción el ancho de la banda.

Tipo de Material	Peso Especifico γ		Ángulo de Reposo	Ángulo Interno de Fricción ϕ_i		Radio de Presion Lateral K		Coeficiente de Fricción μ			
	Min γ_l	Max γ_H	ϕ_r	ϕ_{im}	α_ϕ	K_{in}	a_k	D1	D2	D3	a_μ
	kN/m ³	kN/m ³	grados	grados							
Material por defecto	6	22	40	35	1.3	0.5	1.5	0.32	0.39	0.5	1.4

Figura 2.16 Propiedades del material.

Fuente: UNE-ENV 2006

Se considera que se requiere una tolva con una capacidad de almacenamiento de $5m^3$.

En las paredes inclinadas de la tolva se producen esfuerzos combinados, como se demuestra a continuación en la Figura 2.17.

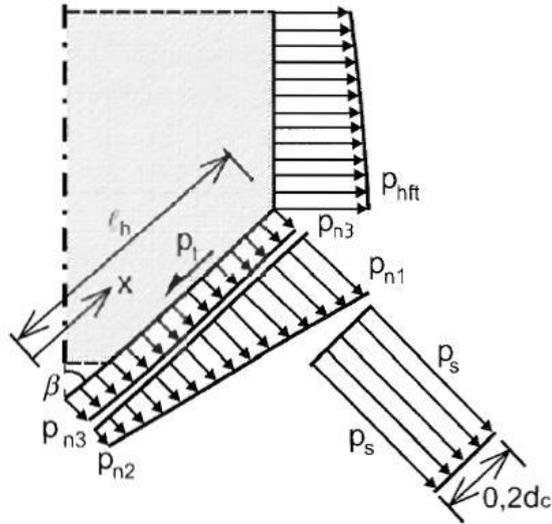


Figura 2.17 Distribución de presiones

Fuente: UNE-ENV 2006

La presión vertical se define mediante la ecuación (2.7):

$$P_{vf} = \gamma z_v \quad (2.7)$$

Se obtiene la presión en la geometría inclinada manejando la ecuación (2.8):

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

Donde:

$$p_{n1} = p_{vft} (C_b (\sin \beta)^2 + (\cos \beta)^2) \quad (2.9)$$

$$p_{n2} = p_{vft} C_b (\sin \beta)^2 \quad (2.10)$$

$$p_{n3} = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K}{\sqrt{\mu_h}} (\cos \beta)^2 \quad (2.11)$$

2.3.4 Sistema de Molienda

El proceso de molienda es necesario para asegurar la calidad de las briquetas, es decir luego de moler el Jacinto de Agua su granulometría será homogénea facilitando el proceso de briquetado posterior. Para este proceso se emplea un molino de martillo.

Transportador Helicoidal

El transportador de tornillo sin fin o transportador helicoidal cumplirá la función de enviar el Jacinto de Agua hecho polvo hacia la Briquetadora. Para su diseño se consideró la norma ANSI/CEMA 300, la norma ANSI/CEMA 350 y el catálogo general de Martín el cual está basado en dichas normativas, todas estas detallan los pasos a seguir para un correcto dimensionamiento y selección del tornillo de alimentación con sus respectivos componentes.

Como parte inicial se tomó en cuenta el código del material, con ello se obtienen datos de importancia como la carga de artesa, factor del material y otras propiedades necesarias para continuar con el diseño.

El tipo de tornillo seleccionado es sencillo con paso corto, debido a que por recomendaciones propias de la normativa se indica que es el más apto para transportadores con inclinación de 20° o más.

Este tipo de tornillo presenta un paso reducido a $2/3$ del diámetro del helicoide (Figura 2.18).

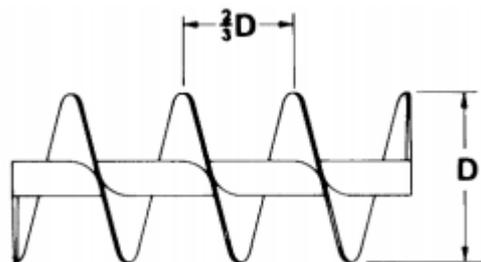


Figura 2.18 Paso del tornillo

Fuente: CEMA

La velocidad del transportador se lo determina dependiendo de la capacidad de diseño. Cuando se presentan casos de helicoides

diferentes al estándar, como lo son las helicoidales de paso corto se requiere el cálculo de una capacidad equivalente, la cual relaciona a la capacidad requerida con diversos factores de capacidad, denotado en la siguiente ecuación (2.12):

$$\text{Capacidad equivalente} = (\text{Capacidad requerida})(CF_1)(CF_2)(CF_3) \quad (2.12)$$

Donde CF_1, CF_2 y CF_3 se encuentran tabulados en tablas de las normativas.

Posterior a la capacidad equivalente se pudo determinar las revoluciones que debe tener el tornillo mediante la siguiente relación (2.13):

$$N = \frac{\text{Capacidad equivalente} \frac{ft^3}{h}}{\frac{ft^3}{h} @ 1RPM} \quad (2.13)$$

Donde $\frac{ft^3}{h} @ 1RPM$ es un factor dependiente de la carga de artesa, tabulado en las normativas.

Para determinar la potencia total del motor que pueda accionar correctamente el sistema se tuvo que calcular la suma de la potencia para mover el transportador vacío, la potencia para mover el material, potencia de elevación y además considerar una potencia extra debido a problemas por agitación y vibraciones presentes en el transportador. Posterior a ello para tener la potencia real se consideraron las diversas eficiencias de los reductores empleados y del motor.

$$HP_{teórica} = (HP_f + HP_m)F_0 + HP_{ele} + HP_{extra} \quad (2.14)$$

Donde:

$$HP_f = \frac{LNF_a F_b}{1000000} \quad (2.15)$$

$$HP_f = \frac{LNF_a F_b}{1000000} \quad (2.16)$$

$$HP_{ele} = \frac{(H)(W)(C)}{33000 * 60} \quad (2.17)$$

Potencia real

$$HP_{TOTAL_{real}} = \frac{HP_{teórica}}{e_{reductor} * e_{banda y polea} * e_{motor}} \quad (2.18)$$

El torque admisible permitió determinar los tipos y números de pernos a emplear en los componentes.

$$T = \frac{63025 * HP}{RPM} \quad (2.19)$$

Con toda la información detallada se pudieron escoger otros elementos como ejes de acoplamiento, ejes terminales, tubos, rodamientos, chavetas, artesas y acoples que componen el tornillo, debido a que las mismas normas permiten su simple selección.

2.3.5 Proceso de Briquetado

Posterior a la molienda del Jacinto de Agua se emplea como transporte un tornillo helicoidal para llevar el Jacinto a la fase del briquetado, en donde se maneja una máquina Briquetadora de alta calidad, cuyas especificaciones están denotadas en el APÉNDICE P, con la finalidad de tener un producto compacto y con las medidas estándares dadas por la normativa.

2.3.6 Comercialización

Las Industrias afines al empleo de biomasa como combustible son las azucareras como la Ingenio Valdez, cementeras como Holcim, piladoras y otras. Por otra parte, la mayoría de las comunidades cercanas a las represas dedicadas a la agricultura y otras actividades de producción, prefieren el manejo de biomasa ya que les representa menores riesgos de salud por la emisión de gases y un mayor ahorro.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diseño de Equipos

3.1.1 Bandas Transportadoras

En el proceso de producción de la planta se requieren dos transportadores de bandas:

- BT1: Moviliza el producto extraído del agua hacia la trituradora.
- BT2: Moviliza el producto que se descarga por la tolva hacia el molino.

Según CEMA el ángulo recomendado de inclinación de la banda es de 18°, el cual se emplea para ambos casos.

El dimensionamiento de los transportadores de banda se realiza en función de la altura del equipo que continúa el proceso, la capacidad de trabajo en t/h y las propiedades del material, explicados en el CAPÍTULO 2. Con estos valores de entrada se realizó el diseño y la selección de equipos necesario para los transportadores de bandas.

El proceso de diseño y selección se encuentra especificados en el APÉNDICE F considerando un servicio medio, se seleccionan los rodillos, el proceso se indica en el APÉNDICE D.

Tabla 3.1 Rodillos empleados

	BT1	BT2
Rodillos	CEMA C abarquillados 35°	CEMA C abarquillados 20°

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

El proceso de la selección de la banda para el sistema transportador se indica en el APÉNDICE F.

Tabla 3.2 Modelo de banda

	BT1- BT2
Modelo	Pylon EP 315/3
Empalme Vulcanizado	183 PIW
Capas	3
Espesor	3 mm

Fuente: Catálogo Goodyear
Elaboración propia

La selección del motor reductor se realizó en función de la potencia requerida y la velocidad de salida, se especifica en el APÉNDICE F.

Tabla 3.3 Motorreductor seleccionado.

Resultados	BT1	BT2
Potencia (hp)	6.5	3
Velocidad de salida	65 rpm	34rpm
Par de salida (Nm)	712	677
Factor de servicio	2.4	2.5
Referencia	2KJ1105-GH14-R1	2KJ1105-FL13-D1

Fuente: Catálogo Siemens
Elaboración propia



Figura 3.1 Banda Transportadora

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Tolva de Alimentación

El dimensionamiento de la tolva de alimentación se realizó en función de las medidas de la cuchara del cargador, se indican en el APÉNDICE J, se requiere un almacenamiento promedio de 5m^3 . Empleando el software ANSYS® se analiza la estructura de soporte de la tolva y la tolva en sus condiciones normales de operación.

La estructura presenta una deformación máxima de 0.4 mm , lo cual es un valor aceptable. La estructura está diseñada con tubos cuadrados de $120\times 120\times 3\text{ mm}$.



Figura 3.2 Tolva de Alimentación.
Fuente: Elaboración propia

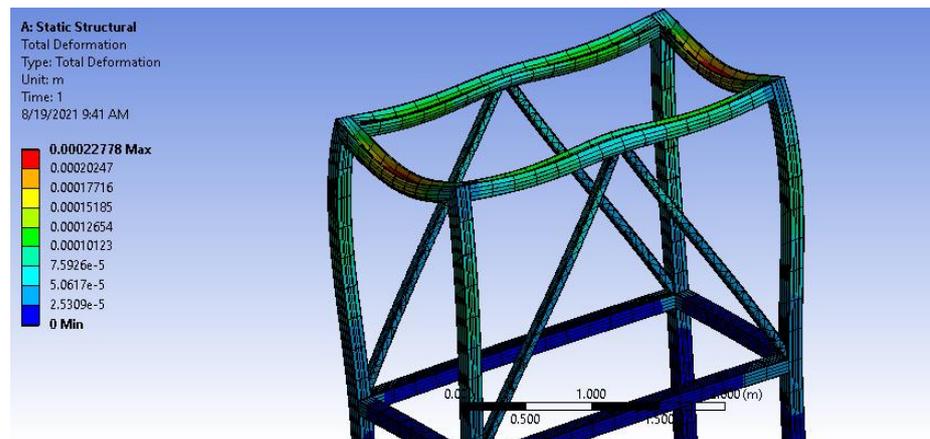


Figura 3.3 Deformación total en la estructura de la tolva.
Fuente: Elaboración propia

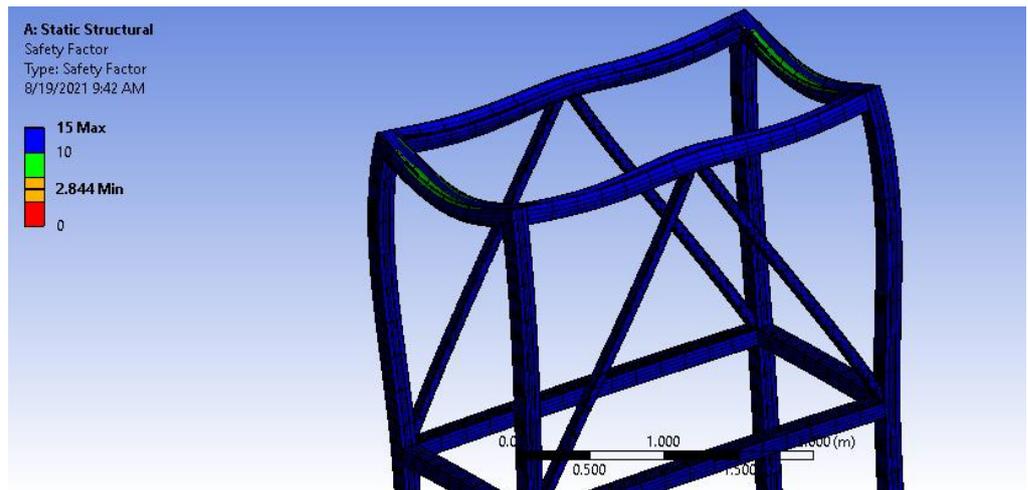


Figura 3.4 Factor de seguridad en fatiga de la estructura de la tolva.
 Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tolva, el análisis se realizó considerando el peso del material, además de la variación de la presión en cada punto. La tolva está fabricada con acero A36 con un espesor de 6mm, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 250 MPa.

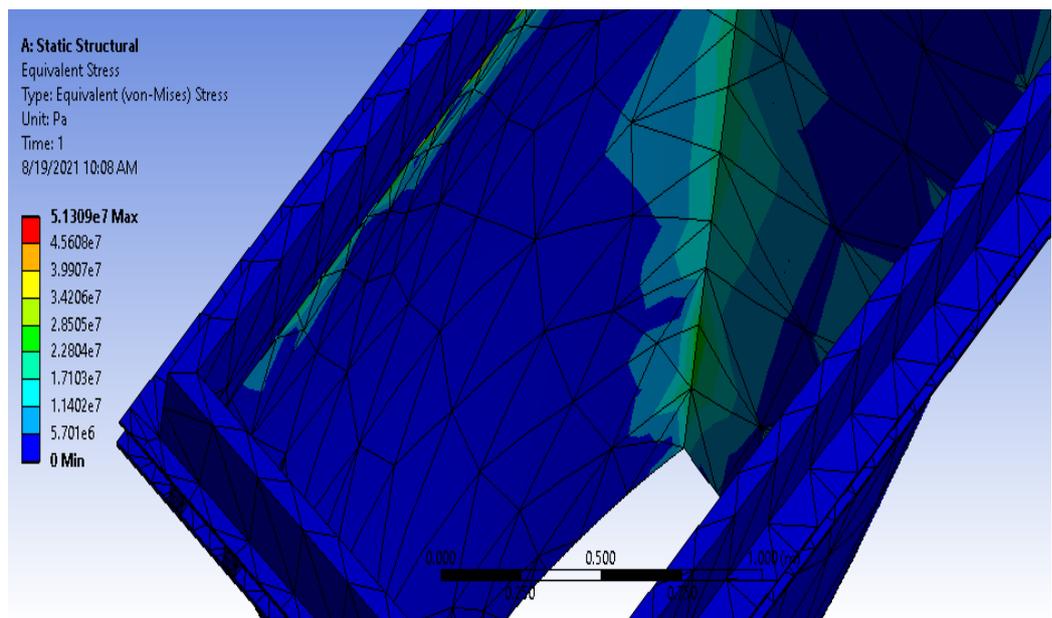


Figura 3.5 Distribución de esfuerzos en la Tolva
 Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la Figura 3.5 el esfuerzo máximo que se produce es de aproximadamente 51 MPa, lo cual está muy por debajo del

esfuerzo de fluencia del material. Por otro lado, como se demuestra en la Figura 3.6, la deformación máxima es de 0.67 m.

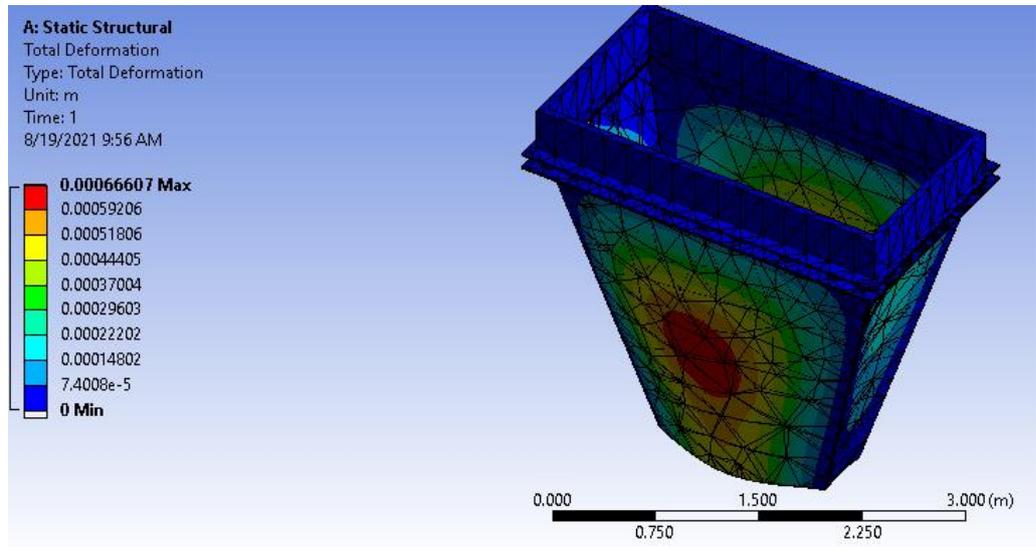


Figura 3.6 Deformación de la tolva

Fuente: Elaboración propia

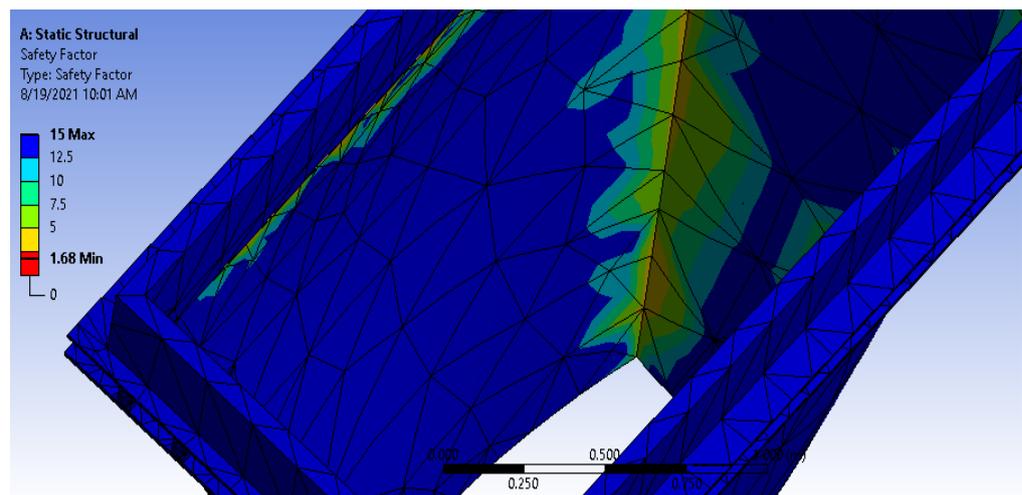


Figura 3.7 Factor de seguridad en fatiga.

Fuente: Elaboración propia

Considerando el perfil de presión que se produce en las paredes de las tolvas se evidencia que en la zona de unión de entre las caras se produce una disminución del factor de seguridad debido a que la presión normal busca separar estas caras.

3.1.3 Transportador Helicoidal

En base a los resultados plasmados en el APÉNDICE O se tuvo la selección adecuada para el diámetro del helicoide, el cual fue de 12". Referente a dicho dato y las demás variables dadas por la codificación CEMA se pudo mediante tablas normadas tener las referencias en dimensiones de los demás componentes del transportador.

Tabla 3.4 Grupo de componentes del transportador helicoidal

GRUPO DE COMPONENTES 2				
Diámetro del helicoidal (in)	Diámetro del eje (in)	Helicoidal seccional	Artesa	Cubierta
12	2	12S412	3/16'	Calibre 14

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

La rotación que tuvo el helicoide fue a mano izquierda, es decir, en sentido de las manecillas del reloj.



Figura 3.8 Sentido del giro presente en el tornillo helicoidal

Fuente: CEMA, Manual de Martin

El tubo del tornillo es de suma importancia debido a que es donde va ubicada el helicoide. Las dimensiones de tubo se describieron a continuación:

Tabla 3.5 Dimensiones del tubo para el transportador helicoidal

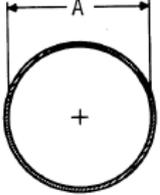
Tamaño nominal	Diámetro exterior	Cédula	Diámetro interior
2 ½	2.875	40	2.469

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

Se emplearon artesas tubulares sólidas ya que permiten un mejor manejo de polvos y su mantenimiento es más sencillo a diferencia de las artesas en U.

Tabla 3.6 Dimensiones de las artesas tubulares

Diámetro del transportador	Espesor de la artesa	A
12	Cal 12	13



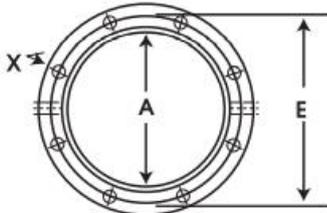
Artesa Tubular Sólida

Fuente: CEMA, Manual de Martin.
Elaboración propia

Las bridas de unión entre artesas fueron de tipo tubular para que exista un buen acople, en la siguiente tabla se detallaron sus medidas y también el diámetro de los pernos para el apriete.

Tabla 3.7 Dimensiones de las bridas para unión de artesas

Diám. Del helicoidal	Tornillos Tubular	A	E
	12		



8 Tornillos

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

El tornillo seleccionado fue de tipo seccional de acuerdo con las recomendaciones de la normativa. Este tipo se basó en formar hélices individuales para luego soldarlas a lo largo del tubo.

Tabla 3.8 Dimensiones del tornillo helicoidal

Diám	Diám.o del eje	Tamaño	Tubo	L (ft)	A		B	C	
					Tolerancia en diámetro			Espesor	Tolerancia en paso
					+	-	+		-
12	2	12S412	2 ½	39	1/8	5/16	3/16	¾	¼

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

El tipo de descarga seleccionado fue el estándar, debido a que el transportador no tiene aplicaciones especiales.

Tabla 3.9 Descarga para el transportador helicoidal

Diámetro del transportador	A	B	C
12	13	10 ½	8 7/8

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

Se emplearon tapas exteriores para arquetas tubulares sin pie, debido a que por la longitud del transportador es preferible el empleo de una estructura con más resistencia para mantener la inclinación del tornillo. A las tapas se les puede acoplar rodamientos de pared de bolas. Es menester indicar que se manejó la tapa con el mismo número de tornillos presente en las bridas tubulares de unión.

Tabla 3.10 Tapas para las artesas tubulares

Diám. Del transportador	Diám. Del eje	Número de parte	L
12	2	12CHTE4	16 ¼

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

El rodamiento de bolas seleccionado de acuerdo con el manual de Martin presenta las siguientes dimensiones y va ubicado en las tapas exteriores de las artesas tubulares.

Tabla 3.11 Rodamiento de bolas

Diámetro del eje	Número de parte	C	D	E	G	N
2	TEB4BB	5 1/8	6 ½	2 3/8	11/16	5/8

Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

El eje motriz dado por la normativa seleccionado fue el de dimensiones estándar debido a su facilidad en montaje. En este eje va montado el sistema de reducción.

Tabla 3.12 Especificaciones del eje motriz

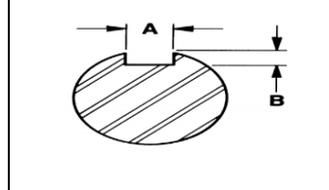
Diámetro del eje	Número de parte	C	G	H	Peso (lb)
2	1CD4B	15	5 ¾	4 ½	32

Fuente: CEMA, Manual de Martin - Elaboración propia

Las dimensiones de la chaveta se presentan a continuación:

Tabla 3.13 Chavetero para eje motriz

Diámetro de eje	A	B
2	1/2	1/4



Fuente: CEMA, Manual de Martin
Elaboración propia

Estructura del Transportador Helicoidal



Figura 3.9 Esquema del Transportador Helicoidal diseñado

Fuente: Elaboración propia

Para el chute se manejarán planchas de acero ASTM A36, mientras que para la estructura se emplearán tubos cuadrados de 140x140x4 mm. Con la aplicación del software de elementos finitos ANSYS WORKBENCH se pudo evaluar la deformación máxima presente en toda la estructura, además, del factor de seguridad estático.

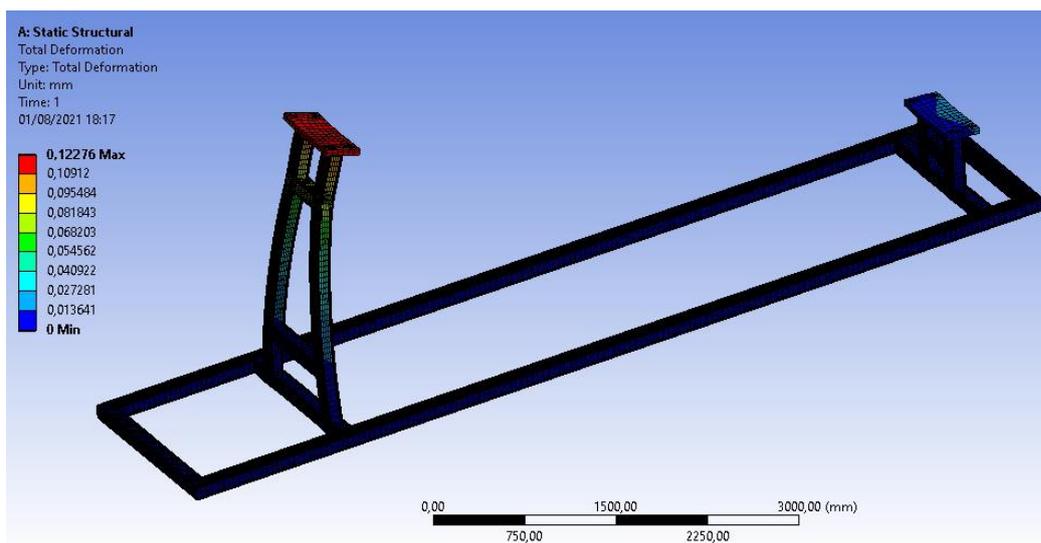


Figura 3.10 Deformación total de la estructura del tornillo

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.10 se pudo apreciar que las deformaciones presentes corresponden aproximadamente a 0.12 mm como la máxima, lo que indica que la estructura prácticamente no sufre deflexiones que afecten al sistema en general. Por otra parte, en la Figura 3.11 se estimó el factor de seguridad estructural, teniendo como resultado un factor de 15, denotando la validez de la estructura ya que el esfuerzo aplicado no supera al permisible.

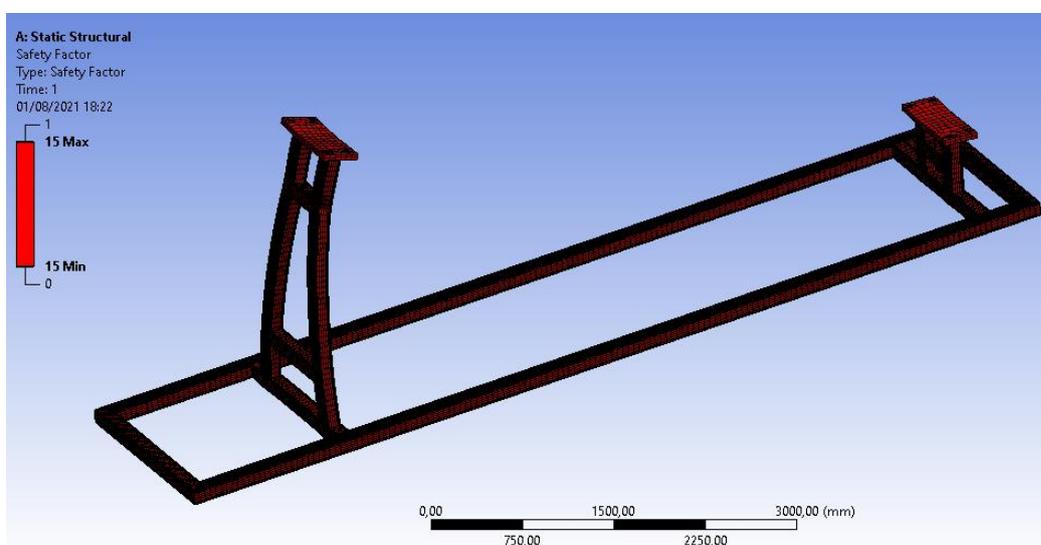


Figura 3.11 Factor de seguridad de la estructura del tornillo

Fuente: Elaboración propia

3.2 Selección de Equipos

3.2.1 Trituradora

Para optimizar el proceso de secado se seleccionó una cortadora de madera y biomasa, en el cual el producto ingresa con una humedad aproximada del 95%, se obtiene como producto final partículas de 30 – 80 mm de tamaño con una humedad aproximada del 60- 70 %. El proceso continúa con el sistema de secado.

3.2.2 Molino

Posterior al secado se requiere que el material sea convertido en polvo para poder ser briquetado, se seleccionó un molino de martillos de eje simple que da como producto final partículas de un tamaño aproximado a 4 -6 mm.

3.2.3 Secado

En función de los cálculos y demás consideraciones planteadas en el APÉNDICE J se tuvieron los siguientes resultados tabulados en la Tabla 3.14 como los necesarios para mantener una óptima reducción de la humedad presente en el Jacinto de Agua.

Tabla 3.14 Resultados para el sistema de secado

SISTEMA DE SECADO HÍBRIDO	
Dimensiones del invernadero	36 x 8 x 5 m
Cantidad de invernaderos	1
Número de bandejas necesarias	160
Cantidad de colectores	8
Eficiencia del colector	75 %
Dimensiones del colector	2 x 1 x 0.94 m
Cantidad de ventiladores	1
Caudal del ventilador	20000 $\frac{m^3}{h}$
Potencia del ventilador	5 HP

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Briquetadora

El paso final del proceso se lleva a cabo en la briquetadora, debido a que el proceso no incluye un aglutinante se requirió que el equipo tenga una gran potencia y rendimiento alto, se obtiene como producto briquetas de 280x140x60 mm. El producto final tiene una densidad promedio de $1400 \frac{kg}{m^3}$, y un peso por briqueta de aproximadamente 3kg.

3.3 Diseño detallado de la Planta

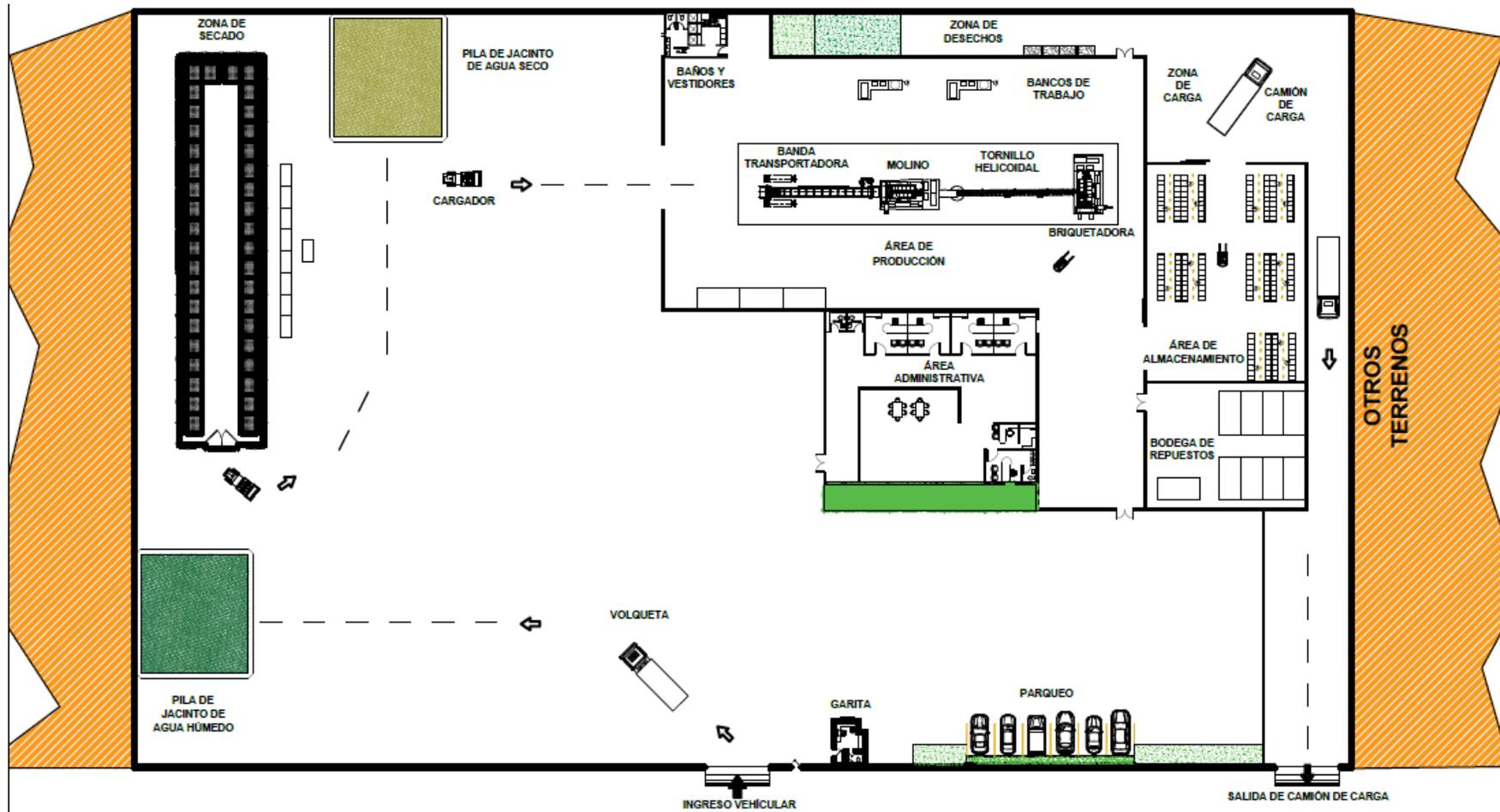


Figura 3.12 Esquema detallado de la Planta Procesadora de Briquetas

3.4 Análisis de Costos

3.4.1 Costos Fijos o Directos

En esta sección se presentaron todos los costos de las máquinas y maquinarias en general, incluyendo las de diseño que se emplean para completar el proceso de producción, además, el terreno y costos preparativos para el mismo.

Por otra parte, como otros costos fijos se evaluaron los costes por personal y demás suministros para la planta y sus respectivas áreas que la componen.

Tabla 3.15 Costos de máquinas implementadas en los sistemas de producción

Máquinas de producción	Cantidad	Precio unitario	Precio
Cortadora	3	\$30.000,00	\$90.000,00
Bandas transportadoras	2	\$2.600,00	\$5.200,00
Transportador Helicoidal	1	\$3.000,00	\$3.000,00
Molino de martillo	1	\$20.800,00	\$20.800,00
Briquetadora	1	\$55.000,00	\$55.000,00
Tolva de alimentación	1	\$3.000,00	\$3.000,00
Invernadero para secado	1	\$6.000,00	\$6.000,00
TOTAL			\$183.000,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Costos de máquinas de transporte y recolección

Transporte	Cantidad	Precio unitario	Precio
Barcazas de recolección	2	\$18.000,00	\$36.000,00
Volqueta	1	\$20.000,00	\$20.000,00
Cargadores	2	\$31.500,00	\$63.000,00
TOTAL			\$119.000,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Costo del terreno y construcción

Terreno y construcción	
1 hectárea	\$150.000,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18 Costos por personal fuera del área de producción y suministros

Personal y suministros de planta	Costo/mes
Vigilancia	\$450,00
Administración	\$4.000,00
Mantenimiento	\$200,00
Suministro de limpiezas	\$30,00
Servicios básicos	\$10.500,00
TOTAL DE COSTO ANUAL	\$182.160,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19 Costos por personales de producción

Personal de producción	Cantidad	Costo por H/H	Horas de trabajo	Costo/día
Conductor de barcaza	2	\$4,50	8	\$36,00
Ayudante de recolección	3	\$3,00	8	\$24,00
Supervisores de secado	2	\$8,00	8	\$64,00
Conductor de volqueta	1	\$8,00	8	\$64,00
Ayudante de secado	5	\$3,00	8	\$24,00
Supervisor de proceso	2	\$8,00	8	\$64,00
Operadores	3	\$10,00	8	\$80,00
Conductor de cargadores	2	\$4,50	8	\$36,00
TOTAL DE COSTO ANUAL	\$94.080,00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Costos directos adicionales

Combustible	\$13.000,00
Alimentación	\$12.000,00
Seguro corporativo	\$4.000,00
Suministros de oficina	\$1.000,00
Equipos de computación	\$2.500,00
TOTAL, ANUAL	\$32.500,00

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Costos Indirectos

Costos que no se presentan directamente por la adquisición o construcción de un elemento, pero involucran su participación de forma indirecta para alcanzar el objetivo. Entre ellos tenemos los costos por

mano de obra, costos por producción y costos por importación. El costo por la mano de obra empleada para el montaje y armado de los sistemas diseñados será considerado sólo en el primer año del flujo de caja para la evaluación financiera.

Tabla 3.21 Costos por mano de obra

Mano de Obra	Cantidad	\$/día	Días	Precio
Supervisor	2	\$40,00	10	\$800,00
Armador	5	\$30,00	10	\$1.500,00
Soldador	3	\$40,00	10	\$1.200,00
Ayudante	5	\$25,00	10	\$1.250,00
Electricista	2	\$30,00	5	\$300,00
TOTAL	\$5.050,00			

Fuente: Elaboración propia

Para maquinaria que no es de adquisición local se debe considerar un incremento aproximado del 10% correspondiente al coste por importación.

Tabla 3.22 Incremento en el coste de máquinas por importación

MAQUINARIA	INCREMENTO
\$165.800,00	\$182.380,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.23 Costos indirectos por producción

Costo de producción indirecta	\$5.000,00
Reparaciones no programadas	\$2.500,00
Repuestos	\$2.500,00
TOTAL	\$10.000,00

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Análisis en la Producción e Inversión

Ingresos por producción

Para el evaluar el precio de venta de las briquetas se tomó como referencia datos de entrevista brindados por el Ing. Boris Carriel jefe de mantenimiento en Holcim, donde se especifica un precio de \$70 por

tonelada de PKS con un poder calorífico de 14.9 MJ/kg, al presentar el Jacinto de Agua un poder calorífico similar se propone un precio de \$69 por tonelada para tener una buena acogida en el campo comercial. La producción diaria que tendría la planta se estima en 24000 kg de briquetas considerando ya reducciones por demora en el arranque de las máquinas.

En base a dicho análisis en la Tabla 3.24 se presenta el ingreso anual que se prevé considerando un porcentaje en ventas del 100% de toda la producción.

Tabla 3.24 Ingreso por la producción de la planta

Producción diaria (ton)	Ingreso por producción (\$/ton)	Ingreso/día	Ingreso anual	% de venta	Ingreso total
24	\$69,00	\$1.656,00	\$397.440,00	100%	\$397.440,0

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la inversión

La inversión del proyecto se centra en los costos directos por adquisición de las maquinarias y terreno. Como estrategia de inversión se propone un préstamo bancario correspondiente a la mitad del monto total con una tasa del 9.52% correspondiente a la registrada por el Banco Central, por un período de 10 años y la otra mitad que sea por parte de los asociados.

Tabla 3.25 Datos de inversión

Inversión	\$641.930
Ingreso	\$397.440,00
Impuesto a la renta	12%
N del préstamo.	10
Tasa de crédito	7,87%
Valor de salvamento	\$100.000

Fuente: Elaboración propia

Para saber la forma de pago del préstamo realizado por el monto de la inversión se ejecuta una Tabla de amortización Tabla 3.26.

Tabla 3.26 Tabla de Amortización

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
AÑO	INTERESES	CUOTA	CAPITAL	RESIDUO CAPITAL
0		\$31.702,10		\$213.976,67
1	\$16.839,96	\$31.702,10	\$14.862,14	\$199.114,53
2	\$15.670,31	\$31.702,10	\$16.031,79	\$183.082,74
3	\$14.408,61	\$31.702,10	\$17.293,49	\$165.789,26
4	\$13.047,61	\$31.702,10	\$18.654,49	\$147.134,77
5	\$11.579,51	\$31.702,10	\$20.122,59	\$127.012,18
6	\$9.995,86	\$31.702,10	\$21.706,24	\$105.305,93
7	\$8.287,58	\$31.702,10	\$23.414,52	\$81.891,41
8	\$6.444,85	\$31.702,10	\$25.257,25	\$56.634,16
9	\$4.457,11	\$31.702,10	\$27.244,99	\$29.389,17
10	\$2.312,93	\$31.702,10	\$29.389,17	\$0,00

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Factibilidad

El proyecto presentó un caso de estudio que se sitúa en un escenario positivo, en la Tabla 3.27 se denota el flujo, donde se tiene un resultado que manifiesta la rentabilidad y aceptación del proyecto debido a que financieramente cumple con los estándares requeridos de presentar una TIR mayor a la TMAR y un VPN positivo, sin embargo, es menester enfatizar que para conseguir ese escenario se requiere de dos factores importantes, la importación de maquinarias pesadas desde China debido a su bajo coste y alcanzar la venta total de la producción.

Flujo de caja

Tabla 3.27 Flujo de caja para análisis financiero

Flujo de caja											
Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso	\$397.440,00	\$409.363,20	\$421.644,10	\$434.293,42	\$ 447.322,22	\$460.741,89	\$474.564,14	\$488.801,07	\$503.465,10	\$518.569,05	\$534.126,13
Costos	\$316.240,00	\$325.727,20	\$335.499,02	\$345.563,99	\$355.930,91	\$366.608,83	\$377.607,10	\$388.935,31	\$400.603,37	\$412.621,47	\$425.000,12
Depreciación	\$20.200,00	\$20.806,00	\$21.430,18	\$22.073,09	\$22.735,28	\$23.417,34	\$24.119,86	\$24.843,45	\$25.588,76	\$26.356,42	\$27.147,11
Intereses financieros		\$16.839,96	\$15.670,31	\$14.408,61	\$13.047,61	\$11.579,51	\$9.995,86	\$8.287,58	\$6.444,85	\$4.457,11	\$2.312,93
Utilidad antes de impuestos		\$45.990,04	\$49.044,59	\$52.247,74	\$55.608,42	\$59.136,21	\$62.841,33	\$66.734,73	\$70.828,12	\$75.134,06	\$79.665,97
Impuestos		\$5.518,80	\$5.885,35	\$6.269,73	\$6.673,01	\$7.096,35	\$7.540,96	\$8.008,17	\$8.499,37	\$9.016,09	\$9.559,92
Utilidad después de impuestos		\$40.471,23	\$43.159,24	\$45.978,01	\$48.935,41	\$52.039,87	\$55.300,37	\$58.726,56	\$62.328,75	\$66.117,97	\$70.106,05
Capital		\$14.862,14	\$16.031,79	\$17.293,49	\$18.654,49	\$20.122,59	\$21.706,24	\$23.414,52	\$25.257,25	\$27.244,99	\$29.389,17
Depreciación		\$20.806,00	\$21.430,18	\$22.073,09	\$22.735,28	\$23.417,34	\$24.119,86	\$24.843,45	\$25.588,76	\$26.356,42	\$27.147,11
Valor de salvamento											\$100.000,00
FNE	\$-427.953,33	\$46.415,10	\$48.557,63	\$50.757,60	\$53.016,20	\$55.334,61	\$57.713,99	\$60.155,49	\$62.660,26	\$65.229,40	\$167.863,99
VPN	\$ 5.487,86	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD VPN POSITIVO TIR > Tmar									
TIR	8%										

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se pudo realizar de forma eficiente el diseño completo de una planta semi – continua procesadora de briquetas que tenga como fuente de producción el manejo de los Jacintos de Agua acumulados en la represa Daule Peripa, con la finalidad de potenciar su reducción y de esa forma contribuir socialmente al beneficio de mantener estable las hidroeléctricas presentes en la zona y la salud de los habitantes de comunas cercanas.
- Se describieron todos los procesos y tratamientos necesarios, tales como: La recolección, el triturado, secado, molineado para llegar finalmente al briquetado del Jacinto de Agua, detallando en cada etapa las máquinas requeridas, condiciones de funcionamiento, capacidad y las diferentes transformaciones de la materia prima como su variación en la densidad y humedad.
- En la fabricación de briquetas por lo general se requiere emplear un material que facilite la cohesión entre las partículas para de esta manera tener un producto más denso, este material extra se denomina aglutinante, en proyectos a pequeña escala se emplea como aglutinante la lignina, almidón de yuca y cáscara de plátanos. En el diseño de planta no se incluyó un producto como aglutinante debido a que se seleccionó una máquina briquetadora con tal robustez que ejerce la presión necesaria para obtener una briqueta con la densidad apropiada.
- Se pudo realizar de forma generalizada un diseño conceptual de la planta que evidencie gráficamente los diferentes procesos descritos para llegar a la producción final. Por otra parte, se determinó la capacidad de producción (3 t/h) en función de la cantidad de barcazas a utilizar para la recolección, su capacidad, la densidad del Jacinto de Agua y mediante una evaluación de equipos en base a sus capacidades disponibles en el mercado, mientras que, la ubicación de la planta se la propuso en función

de la distancia de la zona de recolección y de las zonas con mayor interés de adquisición.

- Para el proceso de la planta se seleccionó 3 equipos: la cortadora, el molino de martillo y la briquetadora. Con respecto a la cortadora se seleccionó un equipo diseñado para cortar biomasa, por lo cual su robustez es menor a otros equipos comerciales que tienen capacidad de cortar materiales más duros como los metales, en este punto el Jacinto de Agua ingresa con un grado de humedad del 95%. Luego, al tener el jacinto seco es necesario emplear un molino de martillo para lograr unas partículas de un tamaño máximo de 6 mm que posteriormente se transporta mediante el tornillo helicoidal, con lo cual el proceso concluye en la briquetadora, obteniendo como resultado briquetas de un tamaño de 280x140x60 mm. El peso aproximado de cada briqueta es de 3Kg y posee una densidad aproximada a los 1400 kg/m³.
- Empleando la norma americana CEMA (Belt Conveyors) se realizó el diseño de 2 transportadores de bandas. La BT1 manejando una capacidad de 60 t/h que se emplea para movilizar el Jacinto de Agua desde el proceso de recolección, y BT2 que maneja una capacidad de 3t/h que es alimentada mediante una tolva luego de que el Jacinto de Agua pase por el proceso de secado.
- Se completó totalmente el diseño teórico de un transportador helicoidal para el polvo de Jacinto de Agua con capacidad de 3 t/h manejando normas americanas como ANSI CEMA 300 y ANSI CEMA 350, además, se realizó su estructura de soporte y todos los componentes que la conforman manejando INVENTOR como el software de diseño.
- Con el manejo de matrices de decisión se pudo seleccionar la mejor alternativa de secado, destacando el empleo de un sistema invernadero con paneles solares como el más adecuado debido a su facilidad en construcción y economía. Para su diseño se requirió el uso de manuales agrícolas donde se muestran las medidas adecuadas para un invernadero, además, se manejó investigación científica donde se evidenció las condiciones óptimas de temperatura que se debía alcanzar para secar el

Jacinto de Agua. Finalmente, para la selección de los paneles solares se empleó un cálculo de carga térmica con ayuda del software HAP.

- Se logró realizar un esquema 2D de toda la planta, mostrando en detalle el circuito a completar por la línea de producción para alcanzar el tonelaje requerido en briquetas de 3 t/h.
- Mediante el manejo del software ANSYS WORKBENCH se pudo tener un análisis completo en lo que se refiere a deformación, esfuerzos y factor de seguridad presente en las estructuras tanto del tornillo helicoidal como de la tolva, teniendo como resultados valores óptimos que aseguran y validan la existencia de un diseño conservador debido a que los esfuerzos que actúan sobre el esquema en general no sobrepasan por una gran diferencia al esfuerzo de fluencia del material.
- Empleando el software ANSYS WORKBENCH se pudo verificar que la tolva de alimentación posterior al proceso de secado fabricada con planchas de Acero ASTM A36 de 6 mm de espesor, tiene un factor de seguridad mayor a 1.5 lo cual asegura que los máximos esfuerzos fluctuantes que se produzcan no superan el esfuerzo de fluencia del material.
- El proyecto en general presentó dos grandes beneficios, uno en el ámbito social y otro en el económico. En el ámbito económico se validó por medio de un análisis financiero la existencia de una rentabilidad mínima, fijando a un cliente privado como lo es HOLCIM e investigando toda la información necesaria para definir un precio de venta óptimo, sin embargo, se destaca una mayor aceptación del proyecto en el ámbito social, debido a que activa en gran manera la reducción de una maleza acuática que afecta considerablemente al ecosistema e impulsa al manejo de biomasa como combustible en lugar de los combustibles fósiles.

4.2 Recomendaciones

- Para implementar el diseño de la planta se sugiere que como paso previo se realice un ensayo a pequeña escala debido a que las propiedades del Jacinto de Agua, principalmente la humedad, fluctúan en función de su

periodo de vida, en este caso se empleó las propiedades críticas de 95% de humedad.

- Las propiedades químicas del Jacinto de Agua varían dependiendo de las condiciones climáticas y humedad presente en la zona donde se prolifera, por lo que es necesario implementar un estudio químico sobre la caracterización del Jacinto de Agua presente en el área de interés, para de esa forma evaluar su verdadero poder calorífico.
- Para la instalación y montaje de los diferentes sistemas es necesario contar con un terreno adecuado, por lo que, se requiere ayuda civil para la implementación de cimentaciones que beneficien el apoyo de las diferentes estructuras y equipos.
- Desarrollar programas de mantenimiento, especialmente para el equipamiento directo de la línea productiva, que sirvan de apoyo para evitar acumulaciones de polvo o cualquier otra sustancia que provoque el deterioro y de esa forma prevenir la existencia de paradas en la producción.
- Con vistas a futuro es necesario fomentar el crecimiento en la producción de la planta, debido a que, la tasa de adquisición anual de biomasa por empresas grandes es de más del doble de la capacidad alcanzada en el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Martín Almada, María Stella Cáceres, Marta Machaín-Singer, Jean Claude Pulfer. (2005). GUIA DE USO DE SECADORES SOLARES. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>

WEIMA. (s.f.). *BRIQUETTE PRESSES: INDUSTRY SERIES*.

Bulk news. (s.f.). Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de <https://news.bulk-online.com/bulk-solids-handling-archive/chute-design-essentials-how-to-design-and-implement-chutes-in-bulk-solids-handling-systems.html>

CATERPILLAR. (s.f.). *Cargadores de Ruedas*.

CEDEGE. (s.f.). *PROYECTO DE PROPÓSITO MÚLTIPLE*. Obtenido de <http://casobaba.blogspot.com/2007/08/la-extensin-de-la-provincia-de-los-ros.html>

CELEC. (2013). *INFORME DE GESTION 2013*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/hidronacion/images/PDF/noticias/2013/informe_de_gestion_2013.pdf

CEMA. (2020). *Belt conveyor for bulk material*.

Efrén Morán Toala. (15 de Octubre de 2010). *Estudio de la factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetas de carbón utilizando tamo de arroz*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2455/16/UPS-GT000108.pdf>

EPA-EP. (12 de 2013). *PROGRAMA NACIONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE INFRAESTRUCTURA*. Obtenido de <http://www.empresaagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/11/Perfil-Programa-de-Mantenimiento-y-Operaci%C3%B3n.pdf>

ETM. (s.f.). *Sistemas de transporte*. Obtenido de Transporte por Rosca: <http://etm2021.com/smaterias/ETM384/Sistemas%20de%20Transporte/Transporte%20Tornillo.html>

Goodyear. (s.f.). *Correas PYLON- PYLON EP*.

Gracia, T., & Mateo, G. (2016). *APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO INDUSTRIAL DE CAFÉ COMO BIOMASA PARA LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE COMBUSTIBLE*. Guayaquil: Univerdidad de Guayaquil.

- Hasan, M. R. (2009). Floating aquatic macrophytes - water hyacinths. En M. R. Hasan, *Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture – A review* (págs. 53-56). Italia: FAO.
- JAC Ecuador. (s.f.).
- Javier S. Lara-Serrano,a O. Miriam Rutiaga-Quiñones,b Javier López-Miranda,b Héctor A. Fileto-Pérez,b Fabiola E. Pedraza-Bucio,c José L. Rico-Cerda,d and José G. Rutiaga-Quiñones. (2016). *Physicochemical Characterization of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)*. doi:10.15376/biores.11.3.7214-7223
- Jemlich. (s.f.). Obtenido de <https://www.jehmlich.info/de/content/dossierorgane/>
- Jordi Besora Magem. (s.f.). *Secador solar artificial*. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-t%C3%A9cnico-secador-solar-de-caf%C3%A9.pdf>
- LUZME . (2020). *TRANSPORTADORES TUBULARES DE CADENA* . Obtenido de https://luxme.com/wp-content/uploads/2020/01/New-Concept_White-v.1.1_SPA.pdf
- Martin Sprocket and Gear.inc. (2013). *El gran catálogo 4000*.
- Meteoblue . (s.f.). *Clima observado Embalse Daule-Peripa*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climateobserved/embalse-daule-peripa_ecuador_8471884
- MRT. (2015). *Comunidades del embalse Daule-Peripa*. Obtenido de <https://porlatierra.org/docs/b64ddf532b3fba2e39b7770ad4a958b4.pdf>
- Munjeri, K., Ziuku, S., Maganga, H., Siachingoma, B., & Ndlovu, S. (2015). On the potential of water hyacinth as a biomass briquette for heating applications. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 1-7.
- OSTARGI. (s.f.). *Briquetadoras de Madera y Biomasa*. Obtenido de <https://ostargi.biz/trituradoras/briquetadoras/>
- POST - COSECHA. (s.f.). *SECAMIENTOS - IMPORTANCIA Y PRÁCTICAS COMUNES*. Obtenido de https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_drying_grain_s.pdf
- R. Labrada, J.C. Caseley y C. Parker. (1996). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120)* . Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/MANEJO%20DE%20MALEZAS.pdf>

- Rodrigues, A., & Omondi, M. (2014). Converting Water Hyacinth to Briquettes: A Beach Community Based Approach. *International Journal of Sciences*, 358-378.
- Rodríguez, A., Colmenares, F., Barragán, J., & M. Mayorga. (2017). Aprovechamiento energético integral de la *Eichhornia crassipes*. *Ingenium*, 134-151.
- SENAGUA. (s.f.). *Gestión de la maleza acuática*. Obtenido de https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC_docs/ref35x10_35.pdf
- Shandong Hongxin Machinery . (s.f.).
- Shandong Kingoro Machinery . (s.f.).
- SHOUGHY M. I., A. F. ABDRAHMAN and A. B. EL-NAGAR. (2014). *DRYING BEHAVIORS OF WATER HYACINTH BY MULTI-TRAY SOLAR DRYER*. Egypt: ARC Dokki. Obtenido de <http://www.arc.sci.eg/ejar/UploadFiles/Publications/123252%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%AB%20%D8%A7%D9%84%D8%B1%D8%A7%D8%A8%D8%B9%20%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%87%20%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D9%8A%D9%87.pdf>
- Solís Eileen & Vásquez Galo. (Septiembre de 2019). *Evaluación del potencial energético de la eichhornia crassipes para su aplicación como biocombustible*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45656>
- Solis, E., & Vásquez, G. (2019). *“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA EICHHORNIA CRASSIPES PARA SU APLICACIÓN COMO BIOCOMBUSTIBLE.”*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- TERRA ECOLOGÍA PRÁCTICA. (s.f.). *Secador de frutas*. Obtenido de <https://www.terra.org/categorias/articulos/secador-solar-de-frutas>
- Universidad Carlos III de Madrid. (s.f.). *ELEVADOR DE CANGILONES*. Obtenido de http://ocw.uc3m.es/cursos-archivados/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores_cangilones.pdf
- Universidad de Buenos Aires. (2012). *Molienda-Apuntes*. Obtenido de http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/Antiguo/2013-1C/06_Apunte%20Molienda.pdf
- UNNE, F. d. (2019). *BOTÁNICA MORFOLÓGICA - Morfología de Plantas Vasculares*. Obtenido de <http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Hipertextos-2019.pdf>
- Valvexport. (s.f.). *Válvula rotatoria de alimentación*. Obtenido de <http://www.valvexport.com/valvula-rotatoria-de-alimentacioacuten.html>

APÉNDICES

APÉNDICE A

DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

	Características del material	Código
Tamaño	Muy fino: hasta la malla 100	A
	Fino: hasta 1/8"	B
	Granular: hasta 1/2"	C
	En trozos: de más de 1/2"	D
	Irregular: fibrosos, que se pueden atorar, enredado	E
Fluidez, Angulo de Reposo	Fluidez muy buena – Angulo de reposo menor a 19°	1
	Fluidez buena: Angulo de reposo entre 20 a 29°	2
	Fluidez promedio - Angulo de reposo entre 30 a 39°	3
	- Angulo de reposo entre 40° a más.	4
Abrasividad:	No abrasivo	5
	Abrasivo	6
	Muy abrasivo	7
	Muy afilado: corta o deshace la cubierta de la faja	8
Características Variadas (a veces mas de una propiedad puede aplicarse)	Muy polvoriento	L
	Aireado o que desarrolla propiedades de fluido	M
	Contiene polvo explosivo	N
	Contaminable, afecta su uso o venta	P
	Degradable, afecta su uso o venta	Q
		R
	Altamente Corrosivo	S
	Medio Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Que se atora	V
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	W
	Empacado bajo presión	X
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	Y
Temperatura elevada.	Z	
Por ejemplo: Un material muy fino, de buena fluidez, abrasivo, y que contiene polvo explosivo, tendrá una designación: Clase A26N		

Figura A.1.- Descripción de las características de los materiales.

Fuente: (CEMA, 2020)

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

Figura A.2.- Velocidades de cinturón máximo recomendadas.

Fuente: (CEMA, 2020)

APÉNDICE B

CLASIFICACIÓN DE RODILLOS CEMA. – ESPACIAMIENTO DE RODILLOS DE CARGA Y RETORNO

Clasificación	Número de serie de la matriz	Diámetro del rodillo (pulgadas)	Descripción
A4	I	4	Servicio liviano
A5	I	5	“ ”
B4	II	4	“ ”
B5	II	5	“ ”
C4	III	4	Servicio medio
C5	III	5	“ ”
C6	IV	6	“ ”
D5	NA	5	“ ”
D6	NA	6	“ ”
E6	V	6	Servicio pesado
E7	VI	7	“ ”

Figura B.1.- Clasificación del rodillo

Fuente: (CEMA, 2020)

Banda Transportadora 1

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

*El espaciamiento puede limitarse por el valor de la carga del rodillo. Vea los valores de carga de los rodillos en las Tablas 5-8 a5-12.

Figura B.2.- Espaciamiento normal recomendado para rodillos (S)

Fuente: (CEMA, 2020)

Banda Transportadora 2

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

*El espaciamiento puede limitarse por el valor de la carga del rodillo. Vea los valores de carga de los rodillos en las Tablas 5-8 a5-12.

Figura B.3.- Espaciamiento normal recomendado para rodillos (S) (BT2)

Fuente: (CEMA, 2020)

APÉNDICE C

ÁREA TRANSVERSAL DE CARGA Y ESTIMACIÓN DEL ANCHO DE LA FAJA

Banda Transportadora 1

Ancho de la faja (pulg)	A _t – 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	0.144	0.160	0.177	0.194	0.212	0.230	0.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	0.278	0.309	0.341	0.373	0.406	0.440	0.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	0.455	0.506	0.557	0.609	0.662	0.716	0.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	0.676	0.751	0.826	0.903	0.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	0.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14850	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

Figura C.1.- Faja abarquillada de 35°

Fuente: (CEMA, 2020)

Banda Transportadora 2

Ancho de la faja (pulg)	A _t – 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 C.2.- Faja abarquillada de 20°

Fuente: (CEMA, 2020)

APÉNDICE D

DISEÑO DE TRANSPORTADOR DE BANDA SELECCIÓN DE ANCHO DE BANDA Y RODILLOS DE CARGA.

BANDA TRANSPORTADORA 1

Los datos de entrada para el cálculo de BT1 son:

$$\rho_{\text{jacinto húmedo}} = 45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{Capacidad} = 66.14 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 132.28 \text{STPH}$$

La capacidad se estandariza a 100FPM:

$$\text{Capacidad en } \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} = \frac{\text{tph} * 2000}{\rho_{\text{material}}}$$

$$\text{Capacidad en } \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} = \frac{\left(60 \frac{\text{t}}{\text{h}}\right) * 2000}{45 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}$$

$$\text{Capacidad en } \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} = 2666.67 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Capacidad @100 fpm} = Q \left[\frac{\text{ft}^3}{\text{h}} \right] * \frac{100}{V_b}$$

$$\text{Capacidad @100 fpm} = 2666.67 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} * \frac{100}{200 \text{fpm}} = 1333.33 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Utilizando la tabla del APÉNDICE C, con datos de entrada de capacidad de $2666.67 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$, el ángulo de sobrecarga $\theta_{sur} = 30^\circ$ y la inclinación del rodillo $\theta_{rod} = 35^\circ$. Se tiene que considerar que el porcentaje de capacidad máximo permitido es de 75%, por lo cual el valor mínimo que cumple con este parámetro es $2847 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$ que resulta en un ancho de banda $B_{w1} = 24 \text{ in.}$

Máximo recomendado = 75%

$$\% \text{ capacidad de banda} = \frac{1333.33}{2847} * 100\% = 47\%$$

Se inicia la selección asumiendo Rodillos CEMA clase C en condiciones de trabajos medias (APÉNDICE B)

$$D_{RCB1} = D_{RTB1} = 4 \text{ in}$$

CARGA REAL EN LOS RODILLOS

$$\text{Carga real} = IL = (W_b + W_n) * S_i$$

$$S_i = \text{Espaciamiento}$$

$$W_b = \text{Peso de la faja} \left(\frac{lb}{ft} \right)$$

$$W_m = \text{Peso del material} \left(\frac{lb}{ft} \right)$$

$$W_m = \frac{Q * 2000}{60 * V}$$

$$W_n = \frac{2000 * 66 \text{ STPH}}{60 * 200 \text{ fpm}} = 11 \frac{lb}{ft}$$

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 50%
 2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Figura D.1.- Peso de faja promedio con pliegues múltiples y reducidos, lb/ft
 Fuente: (CEMA, 2020)

$$W_b = 4.5 \frac{lb}{ft}$$

$$\text{Carga real} = IL = \left(4.5 \frac{lb}{ft} + 11 \frac{lb}{ft} \right) * 4.5 \text{ ft}$$

$$IL = 70 \text{ lb}$$

Se definen las condiciones de trabajo para el cálculo de la carga ajustada:

Maximum Lump Size (Inches)	Material Weight, lbs/cu. ft. $K_1 = 1.1$						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Figura D.2.- Factor de trozo

Fuente: (CEMA, 2020)

Environmental Conditions	Maintenance		
	Good	Fair	Poor
Clean	1.00	1.08	1.11
Moderate	1.06	1.10	1.13
Dirty	1.09	1.12	1.15

Figura D.3.- Factores de ambiente y mantenimiento

Fuente: (CEMA, 2020)

Operation	Factor
Less than 6 hours per day	0.8
6 to 9 hours per day	1.0
10 to 16 hours per day	1.1
Over 16 hours per day	1.2

Figura D.4.- Factor de servicio de la banda transportadora

Fuente: (CEMA, 2020)

Belt Speed (fpm)	Roll Diameter, Inches			
	4	5	6	7
100	0.80	0.80	0.80	0.80
200	0.83	0.80	0.80	0.80
300	0.90	0.85	0.83	0.81
400	0.95	0.91	0.88	0.85
500	0.99	0.95	0.92	0.88

Figura D.5.- Factores de corrección de la velocidad de la banda.

Fuente: (CEMA, 2020)

Para el cálculo de la carga ajustada:

$$AL = (IL * k_1 * k_2 * k_3 * k_4) + IML$$

$$k_1 * k_2 * k_3 * k_4 = 0.83 * 1 * 1.15 * 1 = 0.95$$

Debido a que es $k_1 * k_2 * k_3 * k_4 \geq 1$, se debe utilizar 1:

La carga permisible de los rodillos CEMA C es de 900 lb. El valor de IML se calcula cuando se conozca la tensión efectiva de la banda.

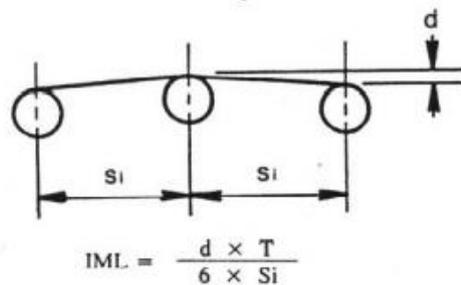


Figura D.6.- Desviación de la banda

Fuente: (CEMA, 2020)

Se asumirá que existe una desviación de 1 in.

$$IML = \frac{\left(\frac{1}{12} ft\right) * 1674 lb}{6 * 4.5 ft} = 5.17 lb$$

$$AL = 42 lb$$

Por lo tanto, se acepta la asunción realizada.

BANDA TRANSPORTADORA 2

Los datos de entrada para el cálculo de BT2 son:

$$\rho_{jacinto seco} = (12 - 15) \frac{lb}{ft^3}$$

$$Capacidad = 3 \frac{t}{h} = 3.31 STPH$$

La capacidad se estandariza a 100FPM:

$$Capacidad en \frac{ft^3}{h} = \frac{tph * 2000}{\rho_{material}}$$

$$\text{Capacidad en } \frac{ft^3}{h} = \frac{\left(3 \frac{t}{h}\right) * 2000}{12 \frac{lb}{ft^3}}$$

$$\text{Capacidad en } \frac{ft^3}{h} = 500 \frac{ft^3}{h}$$

$$\text{Capacidad @100 fpm} = Q \left[\frac{ft^3}{h} \right] * \frac{100}{V_b}$$

$$\text{Capacidad @100 fpm} = 500 \frac{ft^3}{h} * \frac{100}{100fpm} = 500 \frac{ft^3}{h}$$

$$\% \text{ capacidad de banda} = \frac{500}{1254} * 100\% = 40\%$$

CARGA REAL EN LOS RODILLOS

$$\text{Carga real} = IL = (W_b + W_n) * S_i$$

$$W_n = \frac{2000 * 3.31 \text{ STPH}}{60 * 100fpm} = 1.1 \frac{lb}{ft}$$

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 50%
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Figura D.7.- Peso de faja promedio con pliegues múltiples y reducidos, lb/ft

Fuente: (CEMA, 2020)

$$W_b = 3.5 \frac{lb}{ft}$$

$$Carga\ real = IL = \left(3.5 \frac{lb}{ft} + 1.28 \frac{lb}{ft} \right) * 5.5ft$$

$$IL = 26.29\ lb$$

Para el cálculo de la carga ajustada:

Se asumen las mismas condiciones de trabajo que para BT1

$$AL = (IL * k_1 * k_2 * k_3 * k_4) + IML$$

$$k_1 * k_2 * k_3 * k_4 = 0.83 * 1 * 1.15 * 1 = 0.95$$

Debido a que es $k_1 * k_2 * k_3 * k_4 \geq 1$, se debe utilizar 1:

La carga permisible de los rodillos CEMA C es de 900 lb. El valor de IML se calcula cuando se conozca la tensión efectiva de la banda.

Se asumirá que existe una desviación de 1 in.

$$IML = \frac{\left(\frac{1}{12} ft \right) * 1670lb}{6 * 5.5ft} = 4.22\ lb$$

$$AL = 29.52\ lb$$

Por lo tanto, se acepta la asunción realizada.

APÉNDICE E

CÁLCULO DE TENSIONES EN BANDA TRANSPORTADORA

BANDA TRANSPORTADORA 1

La tensión efectiva se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_e = LK_t(K_x + K_y * W_b * 0.015 * W_b) + W_m * (L * K_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

Considerando una temperatura promedio de trabajo de 30°C; $K_t = 1$

Factor de fricción de los rodillos.

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

$$K_x = 0.00068 * \left(4.5 \frac{lb}{ft} + 11 \frac{lb}{ft}\right) + \frac{2.3ft}{4.5ft} = 0.52$$

$$K_x = 0.52$$

$$A_i = 2.3ft ; \text{Rodillos CEMA de 4 in de diámetro clase C4}$$

Factor para determinar la fuerza en la banda y la flexión entre los rodillos.

Longitud del transportador	$W_b + W_m$ (lbs por pie)	Porcentaje de pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018	

Figura E.1.- Factor de servicio

Fuente: (CEMA, 2020)

$$K_y = 0.031$$

Según la normativa CEMA, las diferentes poleas ocasionan tensiones adicionales, se asume 200lb por polea de reenvío, 150 lb por polea secundaria y 100 lb para polea pequeña. La banda transportadora BT1 incluye una polea de reenvío, una secundaria y una de contacto.

$$T_p = 200lb + 300lb = 500lb$$

T_{am} = Tensión adicional que se produce por la descarga del material.

$$T_{am} = \frac{Q * 200lb}{3600 * 32.2 \frac{ft}{s}} * \frac{V - V_o}{60s}$$

$$T_{am} = \frac{66STPH * 200lb}{3600 * 32.2 \frac{ft}{s}} * \frac{200fpm - 0}{60s}$$

$$T_{am} = 0.379lb$$

T_{ac} = Por accesorio

2 limpiadores; 5lb * Ancho de banda

$$T_{ac} = 300lb$$

Reemplazando:

$$T_{ac} = 240lb$$

Reemplazando:

$$T_e = (31.85) * (1) * \left(0.52 + 0.031 * 4.5 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 4.5 \frac{lb}{ft} \right) + 11 \frac{lb}{ft}$$

$$* (31.85 * 0.031 + 9.84) + 500lb + 0.37lb + 240lb = 892lb$$

$$T_e = 892 lb$$

$$P_{BT1} = \frac{T_{e1} * V_1}{33000}$$

$$P_{BT1} = \frac{837lb * 200fpm}{33000} = 5.4hp$$

Considerando las eficiencias del sistema

$$P_{BT1} = \frac{T_{e1} * V_1}{33000} * \frac{1}{n_m * n_t} = \frac{837lb * 200fpm}{33000} * \frac{1}{0.875 * 0.95} = 6.5 hp$$

Se conoce que:

$$T_e = T_2 * C_w$$

$$T_2 = 892lb$$

Por lo tanto:

$$T_1 = 1784lb$$

Fuerza por pulgada de banda:

$$PIW = \frac{1784lb}{24in}$$

$$PIW = 74.3 \frac{lb}{in}$$

Determinación del antirretorno, si se cumple la inecuación no se necesita antirretorno.

$$HW_{mm} \geq \frac{L(K_x + K_y W_{mm} + 0.015 W_B) + W_{mm} L K_y}{2}$$

$$(9.84ft) * \left(11 \frac{lb}{ft}\right)$$

$$\geq \frac{31.85 \left(0.52 + 0.031 * 11 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 4.5 \frac{lb}{ft}\right) + 11 \frac{lb}{ft} * 31.85ft * 0.031}{2}$$

$$21.65 \geq \frac{31.85 \left(0.52 + 0.52 * 2.2 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 6 \frac{lb}{ft}\right) + 2.2 \frac{lb}{ft} * 31.85 * 0.52}{2}$$

$$108.24 \geq 20.21$$

No se necesita antirretorno.

BANDA TRANSPORTADORA 2

$$hp = \frac{T_e * V}{33000}$$

$$T_e = LK_t(K_x + K_y * W_b * 0.015 * W_b) + W_m * (L * K_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

Considerando una temperatura promedio de trabajo de 30 C; $K_t = 1$

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

$$K_x = 0.00068 * \left(3.5 \frac{lb}{ft} + 1.1 \frac{lb}{ft} \right) + \frac{2.3ft}{5.5ft} = 0.45$$

$$K_x = 0.45$$

$$K_y = 0.031$$

$$T_p = 200lb + 300lb = 500lb \quad T_{am} = \frac{Q * 200lb}{3600 * 32.2 \frac{ft}{s}} * \frac{V - V_o}{60s}$$

$$T_{am} = \frac{3.31STPH * 200lb}{3600 * 32.2 \frac{ft}{s}} * \frac{100fpm - 0}{60s}$$

$$T_{am} = 0.01lb$$

Por accesorio: 2 limpiadores; 5lb * Ancho de banda

$$T_{ac} = 300lb$$

Reemplazando:

$$T_e = (36.1) * (1) * \left(0.45 + 0.031 * 3.5 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 3.5 \frac{lb}{ft} \right) + 1.28 \frac{lb}{ft}$$

$$* (36.1 * 0.031 + 11.15) + 500lb + 0.01lb + 300lb = 835lb$$

$$T_e = 835lb$$

$$P_{BT1} = \frac{T_{e1} * V_1}{33000}$$

$$P_{BT1} = \frac{836 lb * 100fpm}{33000} = 2.53 hp$$

Considerando las eficiencias del sistema

$$P_{BT1} = \frac{T_{e1} * V_1}{33000} * \frac{1}{n_m * n_t} = \frac{836lb * 200fpm}{33000} * \frac{1}{0.875 * 0.95} = 3 hp$$

Se conoce que:

$$T_e = T_2 * C_w$$

$$T_2 = 835lb$$

Por lo tanto:

$$T_1 = 1670lb$$

Fuerza por pulgada de banda:

$$PIW = \frac{1670lb}{18in}$$

$$PIW = 93 \frac{lb}{in}$$

$$HW_{mm} \geq \frac{L(K_x + K_y W_{mm} + 0.015 W_B) + W_{mm} L K_y}{2}$$
$$(11.15ft) * \left(1.28 \frac{lb}{ft}\right)$$
$$\geq \frac{36.1 \left(0.42 + 0.031 * 1.1 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 3.5 \frac{lb}{ft}\right) + 1.1 \frac{lb}{ft} * 36.1ft * 0.031}{2}$$
$$14.272 \geq \frac{31.85 \left(0.52 + 0.52 * 2.2 \frac{lb}{ft} + 0.015 * 6 \frac{lb}{ft}\right) + 2.2 \frac{lb}{ft} * 31.85 * 0.52}{2}$$
$$14.272 \geq 9.76$$

APÉNDICE F

SELECCIÓN Y DISEÑO DE ELEMENTOS

Selección de elementos

- Selección de Banda Transportadora
- Selección de Polea Motriz
- Selección de Moto Reductor
- Selección de Rodamiento

Diseño de componentes

- Eje motriz
- Estructura

Selección de Banda Transportadora

Se emplea como valor de entrada las libras por pulgada de ancho de banda que se requiere, con este valor se ingresa a la tabla del catálogo del fabricante (APÉNDICE I). Una buena práctica de diseño requiere que la banda escogida sea al menos un 150% más resistente que el valor calculado, esto debido a que se puede producir un estiramiento imprevisto cuando se produce una aceleración o desaceleración de la banda.

BANDA TRANSPORTADORA 1

$$PIW = \frac{1784lb}{24in}$$

$$PIW = 74.3 \frac{lb}{in}$$

150% del PIW

$$PIW = 74.3 \frac{lb}{in} * 1.5 = 111.45 \frac{lb}{in}$$

BANDA TRANSPORTADORA 2

$$PIW = \frac{1670lb}{18in}$$

150% del PIW

$$PIW = 93 \frac{lb}{in} * 1.5 = 139.5 \frac{lb}{in}$$

Para una selección conservadora se escogen PIW de 180 para ambas bandas.

Tabla F.1.- Selección de Banda

	BT1	BT2
Modelo	Pylon EP 315/3	Pylon EP 315/3
Empalme Vulcanizado	183 PIW	183 PIW
Capas	3	3
Espesor	3 mm	3 mm

Fuente: Elaboración propia

Diseño de eje Motriz

Para el cálculo se requiere considerar la tensión máxima de la banda, el peso del tambor motriz y las reacciones en los rodamientos. Es un cuerpo que está sometido a esfuerzos de flexión y torsión.

El diagrama de cuerpo libre se anexa en el APÉNDICE J. Se diseña con un factor de seguridad mínimo de fatiga de 1.5.

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 * FS}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{M}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}}$$

Se emplea un ACERO SAE 1045

$$S_y = 45000 \text{ psi}$$

$$S_f = 41000 \text{ psi}$$

BANDA TRANSPORTADORA 1

$$FS=4.5$$

$$T= 5022 \text{ lb*in}$$

$$M = 12724.8 \text{ lb}\cdot\text{in}$$

$$D_1 = 2.5 \text{ in}$$

BANDA TRANSPORTADORA 2

$$FS = 4.6$$

$$T = 5010 \text{ lb}\cdot\text{in}$$

$$M = 11384.8 \text{ lb}\cdot\text{in}$$

$$D_1 = 2.5 \text{ in}$$

Conociendo el diámetro del eje motriz diseñado se selecciona el elemento del catálogo de Martin.

Selección de Polea Motriz

Conociendo el diámetro del eje motriz diseñado se selecciona el elemento del catálogo de Martin.

BANDA TRANSPORTADORA 1

Según CEMA si el ancho de la banda es menor de 48 in, se recomienda que el ancho de la superficie sea el ancho de la banda sea 2 in mayor.

Ancho de la polea = 26in

Pulley		Belt width (inches)																		
Dia. (inches)	Max. Bore (inches)	18	24	30	36	42	48	54	60	72	84	96								
		Pulley face width (inches)																		
6	2½	30	35	35	40	40	45	45	50	60	60	65	65	70	75	80				
8	2½	40	50	50	55	60	65	70	75	80	85	95	100	105	110	115				
	2½	50	60	60	65	70	75	85	90	100	105	110	120	125	130	135	140			
10	3	60	70	70	75	80	85	95	100	110	115	120	125	130	140	145	150			
	3½	70	80	80	85	90	95	105	110	120	125	130	135	140	145	150	155			
12	2½	70	75	75	85	85	90	100	105	115	120	130	140	150	155	160	165	175		
	3	80	85	85	90	100	105	110	115	125	130	135	145	155	160	170	175	180		
	3½	95	100	105	110	115	120	125	135	145	150	160	165	170	175	180	190			

Figura F.1.- Peso estimado de la polea

Fuente: (CEMA, 2020)

Diámetro (A)	Número de Parte	Ancho de Cara (C)	Buje	Barreno Máximo	Claro de Montaje(B)*	Peso Aprox. (lb)
12	CSD12012X25	12	MXT25	2½	¾	73
12	CSD12012X30	12	MXT30	3	7/8	71
12	CSD12012X35	12	MXT35	3½	7/8	81
12	CSD12014X25	14	MXT25	2½	¾	78
12	CSD12014X30	14	MXT30	3	7/8	77
12	CSD12014X35	14	MXT35	3½	7/8	87
12	CSD12016X25	16	MXT25	2½	¾	84
12	CSD12016X30	16	MXT30	3	7/8	82
12	CSD12016X35	18	MXT35	3½	7/8	92
12	CSD12018X25	18	MXT25	2½	¾	89
12	CSD12018X30	18	MXT30	3	7/8	88
12	CSD12018X35	18	MXT35	3½	7/8	97
12	CSD12020X25	20	MXT25	2½	¾	94
12	CSD12020X30	20	MXT30	3	7/8	93
12	CSD12020X35	20	MXT35	3½	7/8	103
12	CSD12022X25	22	MXT25	2½	¾	100
12	CSD12022X30	22	MXT30	3	7/8	98
12	CSD12022X35	22	MXT35	3½	7/8	108
12	CSD12024X25	24	MXT25	2½	¾	114
12	CSD12024X30	24	MXT30	3	7/8	104
12	CSD12024X35	24	MXT35	3½	7/8	114
12	CSD12026X25	26	MXT25	2½	¾	111
12	CSD12026X30	26	MXT30	3	7/8	109
12	CSD12026X35	26	MXT35	3½	7/8	119
12	CSD12028X25	28	MXT25	2½	¾	122
12	CSD12028X30	28	MXT30	3	7/8	120
12	CSD12030X25	30	MXT25	2½	¾	128
12	CSD12030X30	30	MXT30	3	7/8	126
12	CSD12030X35	30	MXT35	3½	7/8	135
12	CSD12032X25	32	MXT25	2½	¾	133

Figura F.2.- Poleas de tambor de servicio estándar

Fuente: (CEMA, 2020)

BANDA TRANSPORTADORA 2

Según CEMA si el ancho de la banda es menor de 48 in, se recomienda que el ancho de la superficie sea el ancho de la polea sea 2 in mayor. Ancho de la polea = 20in

Pulley		Belt width (inches)																		
Dia. (inches)	Max. Bore (inches)	Pulley face width (inches)																		
		20	22	24	26	30	32	36	38	44	46	51	54	57	60	63	66	78	90	102
6	2½	20	35	35	40	40	45	45	50	60	60	65	65	70	75	80				
8	2½	45	50	50	55	60	65	70	75	80	85	95	100	105	110	115				
10	2½	55	60	60	65	70	75	85	90	100	105	110	120	125	130	135	140			
	3	60	65	70	75	80	85	95	100	110	115	120	125	130	140	145	150			
	3½	75	80	80	85	90	95	105	110	120	125	130	135	140	145	150	155			
12	2½	70	75	75	85	90	100	105	115	120	130	140	150	155	160	165	175			
	3	80	85	90	100	105	110	115	125	130	135	145	155	160	170	175	180			
	3½	95	100	105	110	115	120	125	135	145	150	160	165	170	175	180	190			

Figura F.3.- Peso estimado de la polea (BT2)

Fuente: (CEMA, 2020)

Diámetro (A)	Número de Parte	Ancho de Cara (C)	Buje	Barreno Máximo	Claro de Montaje(B)*	Peso Aprox. (lb)
12	CSD12012X25	12	MXT25	2½	¾	73
12	CSD12012X30	12	MXT30	3	7/8	71
12	CSD12012X35	12	MXT35	3½	7/8	81
12	CSD12014X25	14	MXT25	2½	¾	78
12	CSD12014X30	14	MXT30	3	7/8	77
12	CSD12014X35	14	MXT35	3½	7/8	87
12	CSD12016X25	16	MXT25	2½	¾	84
12	CSD12016X30	16	MXT30	3	7/8	82
12	CSD12016X35	18	MXT35	3½	7/8	92
12	CSD12018X25	18	MXT25	2½	¾	89
12	CSD12018X30	18	MXT30	3	7/8	88
12	CSD12018X35	18	MXT35	3½	7/8	97
12	CSD12020X25	20	MXT25	2½	¾	94
12	CSD12020X30	20	MXT30	3	7/8	93
12	CSD12020X35	20	MXT35	3½	7/8	103
12	CSD12022X25	22	MXT25	2½	¾	100
12	CSD12022X30	22	MXT30	3	7/8	98
12	CSD12022X35	22	MXT35	3½	7/8	108
12	CSD12024X25	24	MXT25	2½	¾	114
12	CSD12024X30	24	MXT30	3	7/8	104
12	CSD12024X35	24	MXT35	3½	7/8	114
12	CSD12026X25	26	MXT25	2½	¾	111
12	CSD12026X30	26	MXT30	3	7/8	109
12	CSD12026X35	26	MXT35	3½	7/8	119
12	CSD12028X25	28	MXT25	2½	¾	122
12	CSD12028X30	28	MXT30	3	7/8	120
12	CSD12030X25	30	MXT25	2½	¾	128
12	CSD12030X30	30	MXT30	3	7/8	126
12	CSD12030X35	30	MXT35	3½	7/8	135
12	CSD12032X25	32	MXT25	2½	¾	133

Figura F.4.- Poleas de tambor de servicio estándar BT 2.

Fuente: (Martin Sprocket and Gear.inc, 2013)

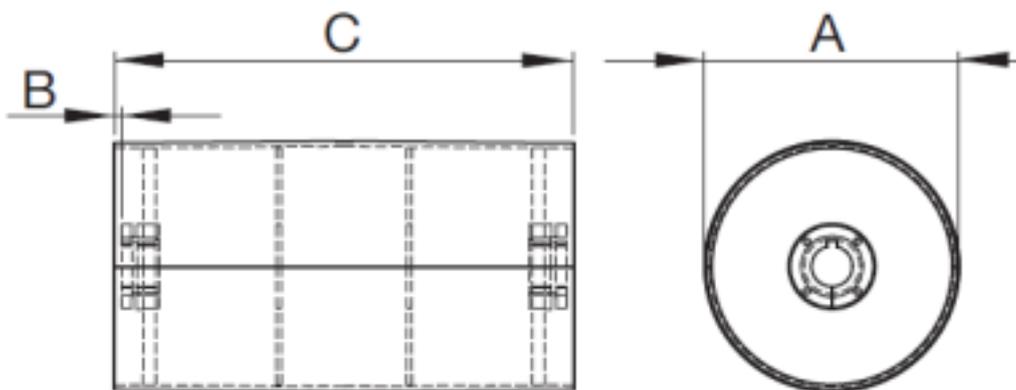


Figura F.5.- Dimensiones de la polea

Fuente: (Martin Sprocket and Gear.inc, 2013)

Selección Del Motorreductor

BT1

Velocidad de giro del tambor motriz

$$\omega_{BT,1} = \frac{V_{BT,1}}{R_{BT,1}} = \frac{1.02 \frac{m}{s}}{0.1524m} * \frac{60s}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} = 63.9 \text{ RPM}$$

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
4,0 (50 Hz)	Z.88-LA112MB4							
4,8 (60 Hz)	42	50	904	1,9	34,07	2KJ1105 - GH13 - V1		101
	46	55	831	2,0	31,32 ★	2KJ1105 - GH13 - U1		101
	50	60	767	2,2	28,93	2KJ1105 - GH13 - T1		101
	54	65	712	2,4	26,85 ★	2KJ1105 - GH13 - S1		101
	58	70	663	2,5	25,01	2KJ1105 - GH13 - R1		101
	64	77	600	2,8	22,61 ★	2KJ1105 - GH13 - Q1		101
	69	83	552	3,0	20,81	2KJ1105 - GH13 - P1		101

Figura F.6.- Motorreductor para banda transportadora BT1

Fuente: Catálogo SIEMENS

BT2

Velocidad de giro del tambor motriz

$$\omega_{BT,1} = \frac{V_{BT,1}}{R_{BT,1}} = \frac{0.501 \frac{m}{s}}{0.1524m} * \frac{60s}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} = 32 \text{ RPM}$$

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
2,2 (50 Hz)	D.88-LA100L4							
2,6 (60 Hz)	15,7	18,8	1 339	1,3	90,53 ★	2KJ1205 - FL13 - H1		96
	17	20	1 237	1,4	83,58	2KJ1205 - FL13 - G1		96
	19	23	1 108	1,5	74,88 ★	2KJ1205 - FL13 - F1		96
	21	25	1 022	1,6	69,05	2KJ1205 - FL13 - E1		96
	24	29	857	2	57,93	2KJ1205 - FL13 - D1		96
	Z.88-LA100L4							
	28	34	751	2	50,73	2KJ1105 - FL13 - B2		94
	31	37	677	2,5	45,76 ★	2KJ1105 - FL13 - A2		94

Figura F.7.- Motorreductor para banda transportadora BT2

Fuente: Catálogo SIEMENS

Selección del rodamiento

Se asume que está sometido únicamente a carga radial.

BT1

$$F_R = T_1 + W_{tambor} + W_{accionamiento}$$

$$F_R = 1784lb + 133lb + 222.2 lb$$

$$F_R = 2139.2 lb = 9514.75 N$$

$$C_r = 34kN$$

BT2

$$F_R = T_1 + W_{tambor} + W_{accionamiento}$$

$$F_R = 1670 lb + 133lb + 222.2 lb$$

$$F_R = 2025.2 lb = 9008.53 N$$

$$C_r = 32.2kN$$

d 40 ~ 60mm

d	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor f_0	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			r.p.m.				tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
	D	B	$r_{s, min}^{(1)}$	r_{NS} min	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		grasa tipo abierto	aceite tipo abierto	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 F.8.- Especificaciones del rodamiento rígido de bolas

Fuente: (NTN Corporation)

APÉNDICE G

EFICIENCIAS DE LOS REDUCTORES

EFICIENCIA DE REDUCTORES			
N°	Tipo	Rango de relaciones	Rango de eficiencia
1	Cilíndrico recto	1:1 a 6:1	94 – 98%
2	Cónico recto	3:2 a 5:1	93 – 97%
3	Cónico helicoidal	3:2 a 4:1	95 – 99%
4	Sinfín – corona	5:1 a 75:1	50 – 90%
5	Hipoide	10:1 a 200:1	80 – 95%
6	Helicoidal	3:2 a 100:1	94 – 98%
7	Cicloide	10:1 a 100:1	75 – 85%

Figura G.1.- Rango de eficiencia de reductores

Eficiencia mecánica de equipos REDUCTORES DE VELOCIDAD	
Tipo de reducción	Eficiencia (%)
Poleas y bandas en V	94%
Catalina y cadena de rodillos	93%
Catalina y cadena de rodillos, lubricados en aceite	95%
Reductor de engranes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin fin (ratio 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin fin (ratio de 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin fin (ratio de 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90%
Reductor de engranes rectos (fundidos)	85%

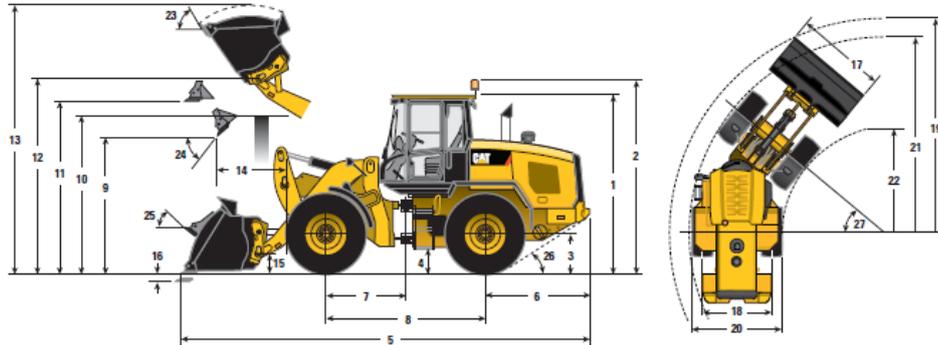
Figura G.2.- Rango de eficiencia mecánica de equipos

Average Full Load Nominal Efficiencies Standard and Energy Efficient Motors		
Rated hp	Standart Motor	High – Efficiency Motor
1.0	75.5	82.6
1.5	78.1	83.3
2.0	80.5	83.8
3.0	81.2	87.7
5.0	82.8	88.6
7.5	83.8	89.8
10.0	85.2	90.1
15.0	86.8	91.3
20.0	87.8	91.9
25.0	88.3	92.8
30.0	89.1	92.7
40.0	89.6	93.3
50.0	90.5	93.8
60.0	90.6	94.1
75.0	91.2	94.4
100.0	91.8	94.7
125.0	92.4	95.3
150.0	92.9	95.5
200.0	94.0	95.4

Figura G.3.- Eficiencias altas

APÉNDICE H

CARGADOR Y DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA



	Standard Lift					
	926M		930M		938M	
*Vary with bucket.						
**Vary with tire.						
** 1 Height: Ground to Cab	3340 mm	10'11"	3340 mm	10'11"	3340 mm	10'11"
** 2 Height: Ground to Beacon	3707 mm	12'1"	3707 mm	12'1"	3707 mm	12'1"
** 3 Height: Ground Axle Center	685 mm	2'2"	685 mm	2'2"	685 mm	2'2"
** 4 Height: Ground Clearance	397 mm	1'3"	397 mm	1'3"	386 mm	1'3"
* 5 Length: Overall	7451 mm	24'5"	7530 mm	24'8"	7656 mm	25'1"
6 Length: Rear Axle to Bumper	1986 mm	6'6"	1993 mm	6'6"	1968 mm	6'5"
7 Length: Hitch to Front Axle	1500 mm	4'11"	1500 mm	4'11"	1525 mm	5'0"
8 Length: Wheel Base	3000 mm	9'10"	3000 mm	9'10"	3050 mm	10'0"
* 9 Clearance: Bucket at 45°	2885 mm	9'5"	2828 mm	9'3"	2834 mm	9'3"
** 10 Clearance: Load over Height	3330 mm	10'11"	3331 mm	10'11"	3354 mm	11'0"
** 11 Clearance: Level Bucket	3580 mm	11'8"	3580 mm	11'8"	3641 mm	11'11"
** 12 Height: Bucket Pin	3907 mm	12'9"	3907 mm	12'9"	3969 mm	13'0"
** 13 Height: Overall	5076 mm	16'7"	5147 mm	16'10"	5273 mm	17'3"
* 14 Reach: Bucket at 45°	1024 mm	3'4"	1064 mm	3'5"	1146 mm	3'9"
15 Carry Height: Bucket Pin	460 mm	1'6"	460 mm	1'6"	473 mm	1'6"
** 16 Dig Depth	100 mm	3.9"	100 mm	3.9"	101 mm	3.9"
17 Width: Bucket	2550 mm	8'4"	2550 mm	8'4"	2750 mm	9'0"
18 Width: Tread Center	1930 mm	6'3"	1930 mm	6'3"	2083 mm	6'10"
19 Turning Radius: Over Bucket	5924 mm	19'5"	5946 mm	19'6"	6134 mm	20'1"
20 Width: Over Tires	2540 mm	8'4"	2540 mm	8'4"	2693 mm	8'10"
21 Turning Radius: Outside of Tires	5402 mm	17'8"	5402 mm	17'8"	5546 mm	18'2"
22 Turning Radius: Inside of Tires	2851 mm	9'4"	2851 mm	9'4"	2843 mm	9'3"
23 Rack Angle at Full Lift	54°		54°		54°	
24 Dump Angle at Full Lift	50°		49°		49°	
25 Rack Angle at Carry	45°		45°		46°	
26 Departure Angle	33°		33°		33°	
27 Articulation Angle	40°		40°		40°	
Unless otherwise noted, all Standard Lift dimensions and specifications listed are for a machine configured with the following:						
Optional Equipment	Full Fluids, 80 kg (176 lb) Operator, Secondary Steering, Ride Control, Crankcase, Power Train and Driveshaft Guards, Bucket with Bolt-on Cutting Edge					
Tires – Michelin	20.5R25 (L-3) XHA2		20.5R25 (L-3) XHA2		20.5R25 (L-3) XHA2	
Pressure in Front Tires	4.14 bar	60 psi	4.14 bar	60 psi	4.48 bar	65 psi
Pressure in Rear Tires	2.76 bar	40 psi	2.76 bar	40 psi	2.76 bar	40 psi

Figura H.1.- Especificaciones 930M

Fuente: (CATERPILLAR)

Categoría	Título Descriptivo	Materiales Típicos de la Pared
D1	Baja Fricción Clasificada como "Slippery"	Acero inoxidable rolado en frío Acero inoxidable pulido Cubierta de superficie diseñada para baja fricción Aluminio pulido Polietileno de peso molecular ultra pesado
D2	Fricción Moderada Clasificada como "Smooth"	Acero al carbono de templado suave (construcciones soldadas o empernadas) Acero inoxidable de acabado de fabrica Acero al carbón galvanizado Aluminio oxidado Cubierta para la superficie diseñado para resistencia a la corrosión o abrasividad
D3	Alta Fricción Clasificada como "Raspy"	Concreto, acero terminado con concreto, hormigón envejecido Acero al carbón corroído Acero anti abrasivo Acabado de cerámica
D4	Irregular	Paredes horizontales corrugadas Paredes no standard con altas aberraciones

Figura H.2.- Materiales

Fuente: UNE-ENV 2006

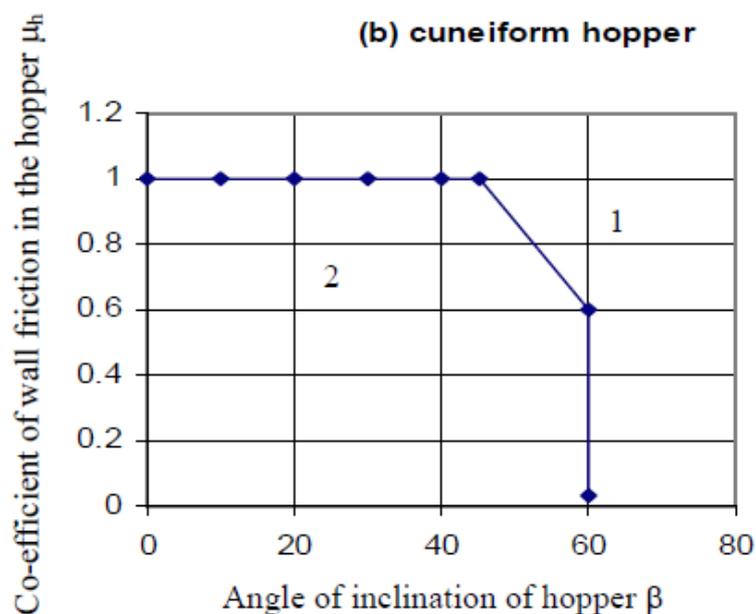


Figura H.3.- Tipo de flujo.

Fuente: UNE-ENV 2006

Valor	Fórmula
Valor característico superior de K	$K = a_K K_m$
Valor característico inferior de K	$K = K_m / a_k$
Valor característico superior de μ	$\mu = a_\mu \mu_m$
Valor característico inferior de μ	$\mu = \mu_m / a_\mu$
Valor característico inferior de ϕ_i	$\phi_i = a_\phi \phi_{im}$
Valor característico superior de ϕ_i	$\phi_i = \phi_m / a_\phi$

Figura H.4.- Especificaciones 1

Fuente: UNE-ENV 2006

Tipo de Carga Examinada	Valor Característico a ser Calculado		
	Coefficiente de Fricción de la Pared μ	Radio de Carga Horizontal K	Ángulo de Fricción Interno ϕ_i
Máxima carga horizontal perpendicular a la pared vertical	Inferior	Superior	Inferior
Máxima carga de fricción en la pared vertical	Superior	Superior	Inferior
Máxima carga vertical en la tolva	Inferior	Inferior	Superior
Máxima carga de llenado en la tolva	Inferior	Superior	Superior

Figura H.5.- Especificaciones 2

Fuente: UNE-ENV 2006

El perfil de las presiones se calculan mediante:

$$Y_r = \left(1 - \left(\frac{z - h_o}{z_o - h_o} + 1 \right)^n \right)$$

$$A = \frac{1.385 + 0.45}{2} * 2 = 1.8m^2$$

$$\mu = 1.4 * 0.39 = 0.546$$

$$U = 3.2 m$$

$$K = a_k k_m$$

La presión en cada punto se calcula mediante:

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

$$C_b = 1.6$$

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

$$p_{n1} = 2.4(1.6(\sin 25)^2 + (\cos 25)^2)$$

$$p_{n1} = 2.66 \frac{kN}{m^2}$$

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

$$p_{n2} = 2.4 * 1.6 * (\sin 25)^2$$

$$p_{n2} = 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

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

$$p_{n3} = 3 \frac{1.8 * 6.3 * 0.75}{3.2 * \sqrt{0.28}} (\cos 25)^2 = 12.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_n = 12.2 + 0.7 + (2.66 - 0.7) \frac{x}{0.37} = 12.9 + 5.3x$$

APÉNDICE I

ESPECIFICACIONES DE LA BANDA

Tipo PLYLON®		EP 160/2	EP 250/3	EP 315/4
Nº de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	14	21,0	28,0
	lbf/pul de ancho	80	120,0	160,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	16,0	25,0	32,0
	lbf/pul de ancho	91,0	143,0	183,0
Peso aproximado de la carcasa	kg/m2	2,4	3,6	4,9
	Lb/ft2	0,5	0,7	1,0
Peso de cubierta 1/32 pul.				
Espesor B o Stacker	Kg/m2	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	1,7	2,6	3,5
	pul	0,1	0,1	0,2
Indice de impacto	Lb -pul	2500	3600	4700

Obs.:Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet, Farpa, Mastin, Steelace, Haydon y Nilos, apropiadas para el servicio mencionado.

Figura I.1.- Información técnica sobre las correas transportadoras
Fuente: (Goodyear)

APÉNDICE J

CÁLCULOS DEL SECADO

Número de bandejas para el invernadero

Considerando la capacidad de recolección descrita en la sección 2.1.1 se tuvo los kg de Jacinto húmedo que se debe poner a secar para alcanzar la producción deseada, además, se consideró 3 horas de operación para transportar todo el Jacinto al invernadero.

$$\begin{aligned}kg \text{ a secar} &= 60 \frac{t}{h} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 t} * 3 h \\kg \text{ a secar} &= 180000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Con la densidad del Jacinto de Agua y el volumen de la bandeja se pudo tener la capacidad en kg que puede abarcar de Jacinto húmedo.

$$\begin{aligned}Capacidad \text{ de bandeja} &= 600 \frac{kg}{m^3} * (1.5 * 1.8 * 0.7)m^3 \\Capacidad \text{ de bandeja} &= 1134 \text{ kg}\end{aligned}$$

Con las capacidades alcanzadas se pudo encontrar el número de bandejas necesarias para un completo abastecimiento.

$$\begin{aligned}Número \text{ de bandejas} &= \frac{180000 \text{ kg}}{1134 \text{ kg}} \\Número \text{ de bandejas} &= 159\end{aligned}$$

Se tomó para el diseño del invernadero una longitud de 36 m, ancho de 8 m y de altura estándar, con distancias entre postes de 4 m.

Con ello se define el empleo de 1 sistema invernadero, con una capacidad de abarcar 160 bandejas.

Teniendo en cuenta el área definida de un Invernadero y datos de la irradiación presente en la ciudad de Guayaquil tomados con el software SOLARIUS PV se pudo calcular el calor por radiación que ingresaría a la zona.

$$Q_{rad} = A_i * I$$

$$Q_{rad} = 288 \text{ m}^2 * 391 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{rad} = 112608 \text{ W}$$

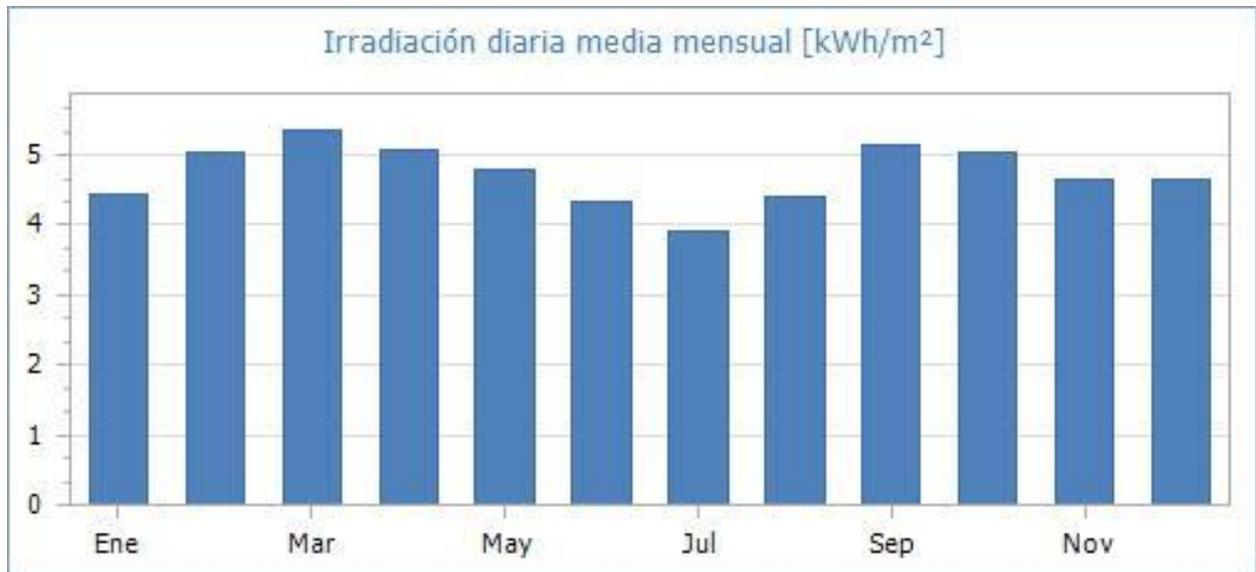


Figura J.1.- Irradiación mensual en Guayaquil

Fuente: SOLARIUS PV

De la Figura J.1 adjunta se puede validar que el mes de Julio es donde se presenta la menor irradiación solar, por lo que se emplea ese dato para el respectivo diseño.

Considerando una eficiencia de transmisión para el plástico del 55%, se pudo tener la cantidad total de calor aportado por radiación hacia el sistema.

$$Q_{rad} = 112608 \text{ W} * 0.55$$

$$Q_{rad} = 62000 \text{ W}$$

En base al análisis realizado por el software HAP para tener la carga térmica en el invernadero se tuvo:

DESIGN COOLING			
COOLING DATA AT Jan 1700			
COOLING OA DB / WB 90,7 °F / 75,7 °F			
ZONE LOADS	Details	Sensible (BTU/hr)	Latent (BTU/hr)
Window & Skylight Solar Loads	30 ft ²	2073	-
Wall Transmission	4685 ft ²	16144	-
Roof Transmission	3100 ft ²	6260	-
Window Transmission	30 ft ²	246	-
Skylight Transmission	0 ft ²	0	-
Door Loads	21 ft ²	88	-
Floor Transmission	3100 ft ²	30941	-
Partitions	0 ft ²	0	-
Ceiling	215 ft ²	0	-
Overhead Lighting	464 W	1309	-
Task Lighting	0 W	0	-
Electric Equipment	44640 W	140603	-
People	23	9270	20813
Infiltration	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	206935	20813

Figura J.2.- Carga térmica del Invernadero para secado

Fuente: HAP

Calor sensible: $206935 \frac{BTU}{h}$

Calor total: $227748 \frac{BTU}{h} = 66707 W$

El calor útil que deben aportar los colectores solares es:

$$Q_u = 66707 W - 62000 W$$

$$Q_u = 4707 W$$

En base al catálogo de colectores solares TERMOCAN se escogió uno que sea capaz de soportar los niveles de irradiación presente en Guayaquil, las características se muestran en el APÉNDICE K.

De dicha selección se tuvieron los siguientes datos:

$$A_{\text{útil}} = 2 m^2$$

$$\eta = 75\%$$

$$A_c = \frac{4707 W}{391 \frac{W}{m^2} * 0.75}$$

$$A_c = 16 m^2$$

$$\#Paneles = \frac{A_c}{A_{\acute{u}til}}$$

$$\#Paneles = \frac{16}{2}$$

$$\#Paneles = 8$$

Para la potencia del ventilador se calculó los CFM requeridos y se manejó un Catálogo Industrial para la selección de un ventilador axial que cumpla con los niveles de caudal.

$$CFM_{SA} = \frac{q_s}{1.10(T_z - T_{SA})}$$

$$CFM_{SA} = \frac{206935}{1.10(51 - 30)}$$

$$CFM_{SA} = 8960 \text{ CFM}$$

Conversión: $1.7 \frac{m^3}{h} = 1 \text{ CFM}$

$$Caudal = 8960 \text{ CFM} * \frac{1.7 \frac{m^3}{h}}{1 \text{ CFM}}$$

$$Caudal = 15232 \frac{m^3}{h}$$

En base al caudal se tuvo una selección de un ventilador axial AVR 1000 (Figura J.3) con 3500 rpm y presión estática de 20 mmca.

La potencia del ventilador se la calculó con el manejo de la siguiente fórmula:

$$W_{vent}[HP] = Q \left[\frac{m^3}{h} \right] * P[mmca] * 0.00001486$$

$$W_{vent} = 15232 \left[\frac{m^3}{h} \right] * 20[mmca] * 0.00001486$$

$$W_{vent} = 4.52 \approx 5 \text{ HP}$$

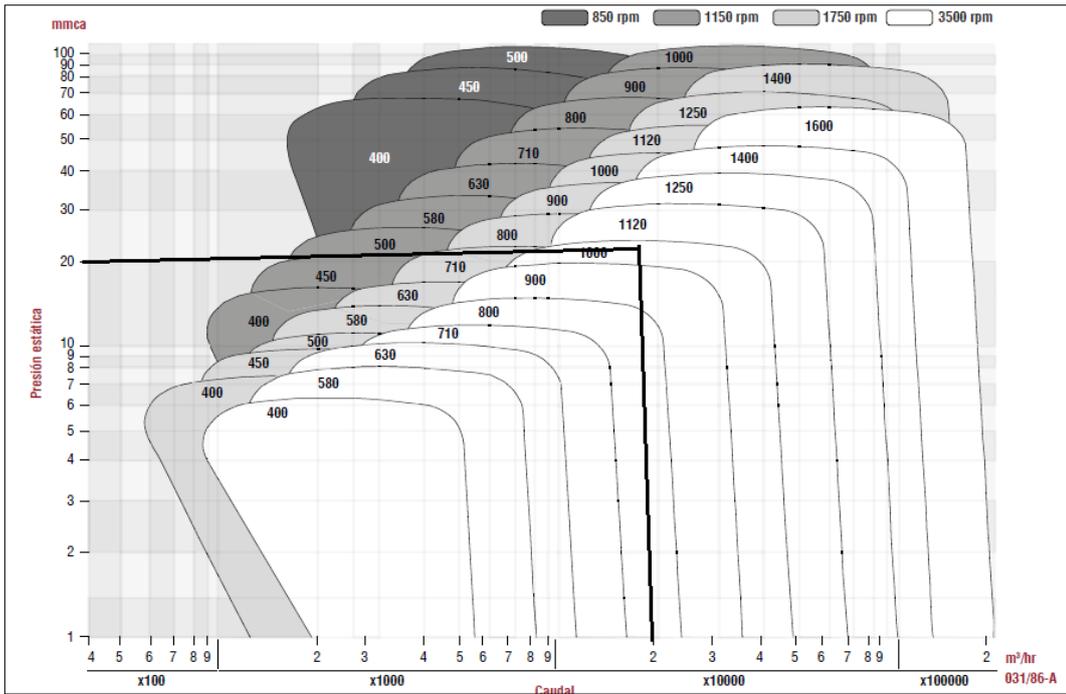


Figura J.3.- Curvas características de ventiladores axiales

Fuente: Catálogo SOLER & PALAU

APÉNDICE K

COLECTOR SOLAR SELECTIVO DE ALTO RENDIMIENTO

TERMOCAN SERIE NEO

- Absorbedor continuo de cobre con tratamiento selectivo BLUETEC soldado por ultrasonidos a un colector cu. tipo arpa.
- Soldaduras en el absorbedor por inducción.
- Marco extrusionado al 100% y anodizado de alta calidad.
- Vidrio solar templado de alta resistencia y baja emisividad.
- Cubierta posterior en PE térmico.



CARACTERÍSTICAS DE LOS COLECTORES

Modelo		NEO	NEO	NEO	NEO	AH
		18	20	24	26	26
Largo	mm	1.861	2.098	2.098	2.177	1.257
Anch	mm	1.056	1.056	1.256	1.256	2.176
Fondo	mm	94,5	94,5	94,5	94,5	96,0
Área total	m ²	1,97	2,22	2,64	2,73	2,74
Área útil	m ²	1,77	2,00	2,41	2,50	2,50
Cap. Fluido	L	1,40	1,50	1,70	1,80	2,22
Caudal R.	l/h	80	90	108	117	117
Salidas		4x22	4x22	4x22	4x22	4x22
η	%	75,70	75,70	75,70	76,90	75,90
a1	W/m ² K	3,994	3,994	3,994	3,957	4,241
a2	W/m ² K	0,009	0,009	0,009	0,010	0,003
certificaciobn NPS		5511	5611	6011	6111	30409
SOLAR KEYMARK		011-751517 F				ND

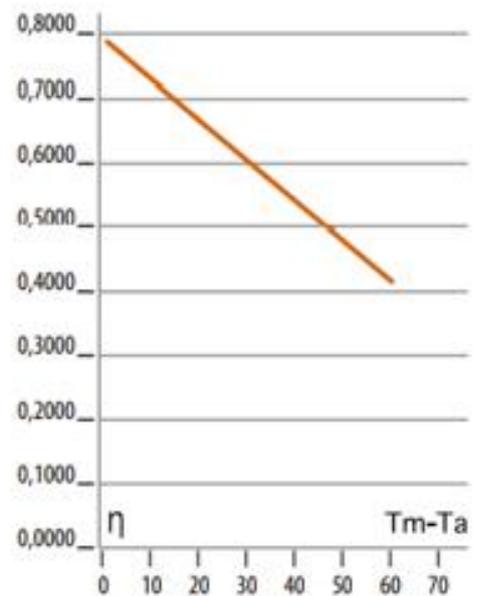


Figura K.1 Especificaciones del colector solar

Fuente: TERMOCAN 2011

APÉNDICE L

Clase	Características de Material	Código
Densidad	Densidad a Granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀
	Fino Malla No. 6 (.132) y menor	B ₆
	Granular <u>½" y menor (malla 6" a ½")</u> 3" y menor (½" a 3") 7" y menor (3" a 7")	<u>C_½</u> D ₃ D ₇
	Terrones 16" y por debajo (0" a 16") Arriba de 16" a ser especificado X=Tamaño Máximo	D ₁₆ D _X
	Irregular Fibroso, Cilíndrico, etc.	E
	Fluidez	<u>Fluido Muy Libre</u>
<u>Fluido Libre</u>		2
Fluido Promedio		3
Fluido Lento		4
Abrasividad	<u>Abrasividad Media</u>	5
	<u>Abrasividad Moderada</u>	6
	Abrasividad Extrema	7
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">Propiedades</div> <div style="margin-bottom: 5px;">Misceláneas</div> <div style="margin-bottom: 5px;">o</div> <div>Peligrosas</div> </div>	Acumulación y Endurecimiento	F
	Genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora 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
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
	Presencia de Aceites	W
<u>Se Comprime Bajo Presión</u>	<u>X</u>	
Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y	
Temperatura Elevada	Z	

Figura L.1.- Características del material en función de su codificación

Fuente: Catálogo de Martin

APÉNDICE M

Material: Granos de Cerveza Macerados, Húmedos

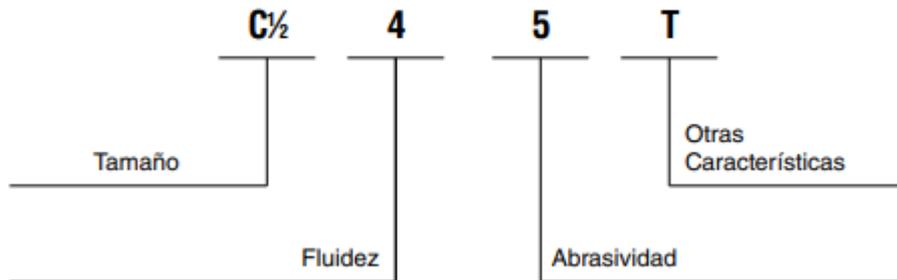


Figura M.1.- Descripción del código CEMA

Fuente: Catálogo de Martin

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF_1		
Paso	Descripción	CF_1
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{3}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $\frac{1}{4}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

Figura M.2.- Factor de capacidad de acuerdo con el tipo de paso del transportador

Fuente: Catálogo de Martin

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF_2			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

Figura M.3.- Factor de capacidad para transportadores especiales

Fuente: Catálogo de Martin

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF_3					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor CF_3	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

Figura M.4.- Factor de paletas por paso

Fuente: Catálogo de Martin

Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Diámetro del Eje (Pulgadas)	Grupo de Componentes 2		Espesor, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	
		Número de Helicoidal		Artesa	Cubierta
		Helicoidales Continuos	Helicoidales Seccionales		
6	1½	6H308	6S309	Calibre 14	Calibre 16
9	1½	9H312	9S309	Calibre 10	Calibre 14
9	2	9H412	9S412	Calibre 10	Calibre 14
12	2	12H412	12S412	¾"	Calibre 14
12	2½	12H512	12S512	¾"	Calibre 14
12	3	12H614	12S616	¾"	Calibre 14
14	2½	—	14S512	¾"	Calibre 14
14	3	14H614	14S616	¾"	Calibre 14
16	3	16H614	16S616	¾"	Calibre 14
18	3	—	18S616	¾"	Calibre 12
20	3	—	20S616	¾"	Calibre 12
24	3½	—	24S716	¾"	Calibre 12
30	3½	—	30S716	¾"	Calibre 12

Figura M.5.- Especificaciones en base al grupo de componentes

Fuente: Catálogo de Martin

APÉNDICE N

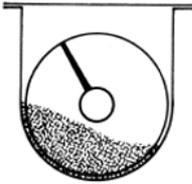
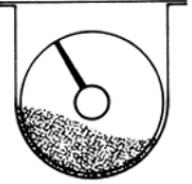
Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM	
		A 1 RPM	A Máx. RPM		
30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
	30	216.00	12960	60	
30% B		4	0.41	29	72
		6	1.49	90	60
		9	5.45	300	55
		10	7.60	418	55
		12	12.90	645	50
		14	20.80	1040	50
		16	31.20	1400	45
		18	45.00	2025	45
		20	62.80	2500	40
		24	109.00	4360	40
	30	216.00	7560	35	

Figura N.1.- Capacidad en función de la carga de artesa

Fuente: Catálogo de Martin

APÉNDICE Ñ

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

Figura Ñ.1.- Factor de diámetro del tornillo

Fuente: Catálogo de Martin

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

Figura Ñ.2.- Factor del buje

Fuente: Catálogo de Martin

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

Figura Ñ.3.- Factor por porcentaje de carga en base al tipo del helicoidal

Fuente: Catálogo de Martin

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

Figura Ñ.4.- Factor de paleta

Fuente: Catálogo de Martin

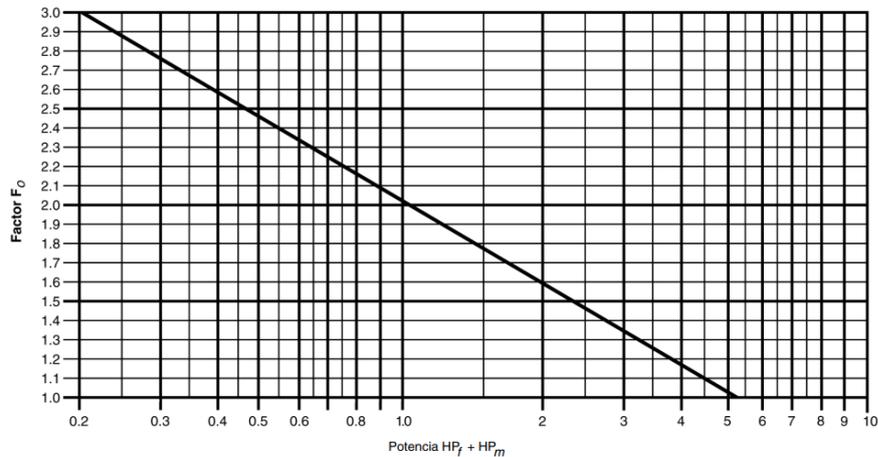


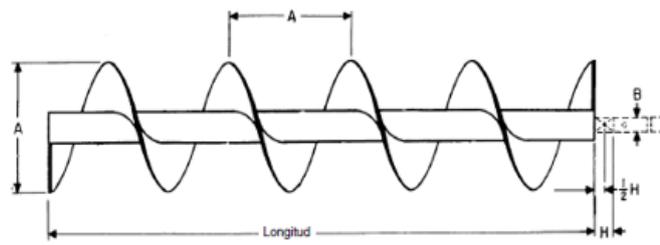
Figura Ñ.5.- Factor de sobrecarga para la potencia del helicoidal

Fuente: Catálogo de Martin

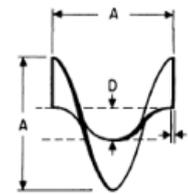
Acoplamiento	Tubo		Ejes		Diámetro del Pernos (Pulgadas)	Pernos			
	Ced. 40		Torque (lb-Pulgadas)*			Pernos al Corte (lb-Pulgadas)▼		Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)	
	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar 7/16 (C-1045)		No. de Pernos		No. de Pernos	
						2	3	2	3
1	1½	3,140	820	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	3,070	3,727	¾	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	7,600	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790
2¼	3	23,100	15,090	18,247	¾	9,270	13,900	11,640	17,460
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	15,540	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	25,000	37,500
3¾	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	21,800	32,700

Figura Ñ.6.- Resistencia de pernos

Fuente: Catálogo de Martin



Helicoidal Seccional



Espiral c/u

A	B	Número de Parte, Helicoidal Completo	Número de Parte, Solo Espiral	Tamaño de Tubo		F	H	Longitud Estándar Pies-Pulg.	Peso Promedio lb			Espirales Aprox. Por Pie
				Interior	D Exterior				Espesor del Helicoidal	Ancho del Bujío del Colgante	Longitud Estándar	
6	1 1/2	6S312-*	6SF312-*	2	2%	3/8	2	9-10	75	7.5	1.7	2.0
	1 1/2	6S316-*	6SF316-*	2	2%	3/8	2	9-10	90	8.0	2.2	2.0
9	1 1/2	9S312-*	9SF312-*	2	2%	3/8	2	9-10	95	9.5	4.3	1.33
	1 1/2	9S316-*	9SF316-*	2	2%	3/8	2	9-10	130	13.0	5.5	1.33
	1 1/2	9S324-*	9SF324-*	2	2%	3/8	2	9-10	160	16.0	7.9	1.33
	2	9S412-*	9SF412-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	115	11.5	4.3	1.33
	2	9S416-*	9SF416-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	130	13.0	5.5	1.33
	2	9S424-*	9SF424-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	160	16.0	7.9	1.33
10	1 1/2	10S312-*	10SF312-*	2	2%	3/8	2	9-10	120	12.0	5.0	1.2
	1 1/2	10S316-*	10SF316-*	2	2%	3/8	2	9-10	135	13.5	6.7	1.2
	1 1/2	10S324-*	10SF324-*	2	2%	3/8	2	9-10	165	16.5	8.7	1.2
	2	10S412-*	10SF412-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	120	12.0	5.0	1.2
	2	10S416-*	10SF416-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	135	13.5	6.7	1.2
	2	10S424-*	10SF424-*	2 1/2	2%	3/8	2	9-10	165	16.5	8.7	1.2
12	2	12S412-*	12SF412-*	2 1/2	2%	3/8	2	11-10	156	13.0	7.2	1.0
	2	12S416-*	12SF416-*	2 1/2	2%	3/8	2	11-10	204	17.0	9.7	1.0

Figura N.7.- Tipo de helicoide

Fuente: Catálogo de Martin

APÉNDICE O

Cálculos del tornillo Helicoidal

Código del material

El código para el diseño del tornillo helicoidal es:

Tabla O.1.- Especificaciones en base al código CEMA.

Material	Densidad $\frac{lb}{ft^3}$	Código del material	Rodamiento intermedio	Series de componentes	Factor del material F_m	Carga de artesa
Jacinto granulado	12 – 15	C1/2 – 26X	B	2	0.9	30B

Fuente: CEMA

Clasificación del código

En base a la Figura L.1 se describe las características presentes en el material de acuerdo con su codificación CEMA.

Tabla O.2.- Clasificación del código

Clase	Característica del material	Código
Tamaño	Granular ½" y menor	C ½
Fluidez	Fluido libre	2
Abrasividad	Abrasividad moderada	6
Propiedades	Se comprime bajo presión	X

Fuente: CEMA

Capacidad requerida para el diseño

En base a la sección 2.1.1 se definió que la capacidad para el diseño de la planta es

$$3 \frac{ton}{h}$$

$$Capacidad\ requerida\ de\ diseño = 3 \frac{ton}{h} * \frac{2000\ lb}{1\ ton} * \frac{1\ ft^3}{15\ lb} = 400 \frac{ft^3}{h}$$

Factores de capacidad

En referencia a las tablas del APÉNDICE M se tuvieron los valores de los diferentes factores de capacidad.

Tabla O.3.- Factor de capacidad seleccionado

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF_1		
Paso	Descripción	CF_1
Corto	Paso = 2/3 Diámetro del Helicoidal	1.5

Fuente: Catálogo de Martin

No se emplean helicoidales especiales ni mezcladores por lo que los factores CF_2 y CF_3 es 1.

Capacidad equivalente

$$\text{Capacidad equivalente} = (\text{Capacidad requerida})(CF_1)(CF_2)(CF_3)$$

$$\text{Capacidad equivalente} = \left(400 \frac{ft^3}{h}\right)(1.5)(1)(1)$$

$$\text{Capacidad equivalente} = 600 \frac{ft^3}{h}$$

Carga de artesa

La Figura N.1 muestra los datos de capacidad a 1 RPM.

Tabla O.4.- Carga de artesa recomendada en base al código

Carga de artesa	Diámetro del helicoidal (in)	Capacidad $\frac{ft^3}{h}$		Máx. RPM
		A 1 RPM	A máx. RPM	
30% B	12	12.90	645	50

Fuente: Catálogo de Martin

$$N = \frac{600 \frac{ft^3}{h}}{12.90 \frac{ft^3}{h} @ RPM}$$

$$N = 46.51 \text{ RPM}$$

$$N \approx 47 \text{ RPM}$$

Factores para potencia

Tabla O.5.- Datos a considerar para la potencia

Longitud (L)	39 ft
Elevación (H)	13 ft
Revoluciones (N)	47 RPM
Factor del diámetro del Transportador (F_d)	55
Factor del buje (F_b)	1
Capacidad (C)	600 CFH
Densidad (W)	$15 \frac{lb}{ft^3}$
Factor de porcentaje de carga (F_f)	1
Factor de paleta (F_p)	1
Eficiencia de reductor helicoidal	0.94
Eficiencia de polea y bandas en V	0.94
Eficiencia de motor de 3 HP	0.81

Fuente: Elaboración propia

La selección de los diferentes requerimientos para la potencia se describe en las tablas del APÉNDICE Ñ.

Potencia para mover el transportador vacío

$$HP_f = \frac{LN F_d F_b}{1000000}$$
$$HP_f = \frac{39 * 47 * 55 * 1}{1000000}$$
$$HP_f = 0.10$$

Potencia para mover el material

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m F_p}{1000000}$$
$$HP_m = \frac{600 * 39 * 15 * 1 * 0.9 * 1}{1000000}$$
$$HP_m = 0.32$$

$$HP_f + HP_m = 0.42$$

$$F_0 \approx 2.55$$

Potencia para transportador inclinado

Potencia de elevación

$$HP_{ele} = \frac{(H)(W)(C)}{33000 * 60}$$
$$HP_{ele} = \frac{(13)(15)(600)}{33000 * 60}$$
$$HP_{ele} = 0.06$$

Potencia extra = 1 HP (Dato recomendado para transporte de materiales de flujo libre)

Potencia total

$$HP_{teórica} = (HP_f + HP_m)F_0 + HP_{ele} + HP_{extra}$$
$$HP_{teórica} = (0.42)2.55 + 0.06 + 1$$
$$HP_{teórica} = 2.13$$

$$HP_{TOTAL_{real}} = \frac{HP_{teórica}}{e_{reductor} * e_{banda\ y\ polea} * e_{motor}}$$
$$HP_{TOTAL_{real}} = \frac{2.13}{0.94 * 0.94 * 0.81}$$
$$HP_{TOTAL_{real}} = 3 HP$$

Se necesitan 3 HP de potencia para poder transportar $660 \frac{ft^3}{h}$ de Jacinto de Agua molineado en un transportador helicoidal de 12”.

Por consideraciones se empleará un motor de 5 HP.

Torque

$$T = \frac{63025 * HP}{RPM}$$
$$T = \frac{63025 * 5}{47}$$
$$T = 6704.79 lb in$$

En la Tabla Ñ.5 se aprecia que para un diámetro de 2” con tubo estándar de 2 ½” la limitante torsional está en el eje.

$$6704.79 lb in < 7600 lb in$$

El torque resultante es menor al máximo cortante existente, por lo que la configuración en diámetro de tubo y eje es la más adecuada para el diseño.

Motorreductor

Para alcanzar la velocidad angular que requiere el tornillo helicoidal es necesario emplear reductores de velocidad, para este sistema se seleccionó el manejo de dos tipos de reductores, uno eléctrico y uno por medio de bandas y poleas.

Tomando como referencia el catálogo SIEMENS de GEARED MOTORS, se escoge un reductor de eje coaxial, con un índice en reducción de 14.

MOTORREDUCTOR: 2KJ3106 – HG22 – L1

Motorreductor helicoidal para motores de hasta 7 HP con frecuencia de 60Hz.

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	Z.79-LE132SF4E							
	57	915	25.62	13 100	0.91	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ R1	
	61	865	24.12	12 900	0.97	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ Q1	
	66	790	22.13	12 700	1.1	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ P1	
	76	690	19.33	12 400	1.2	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ N1	
	85	620	17.31	8 480	1.4	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ M1	
	97	540	15.13	8 910	1.5	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ L1	
	113	465	12.99	9 190	1.8	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ K1	
	128	410	11.48	9 370	2.0	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ J1	
	150	350	9.76	9 450	2.3	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ H1	
	175	300	8.37	9 470	2.6	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ G1	
	179	290	8.19	8 530	2.4	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ F1	
	205	255	7.16	8 570	2.8	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ E1	
	238	220	6.15	8 550	3.2	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ D1	
	270	195	5.43	8 510	3.5	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ C1	
	317	166	4.62	8 410	4.7	74	2KJ3107 - ■ HG22 - ■ ■ B1	
	Z.69-LE132SF4E							
	72	725	20.34	10 300	0.82	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ N1	
	76	685	19.21	10 200	0.87	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ M1	
	90	585	16.34	9 890	1.0	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ L1	
105	500	14.00	7 210	1.2	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ K1		
119	440	12.31	7 700	1.4	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ J1		
141	370	10.39	8 200	1.6	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ H1		
162	320	9.05	8 510	1.8	64	2KJ3106 - ■ HG22 - ■ ■ G1		

Figura O.1.- Reductor seleccionado para el Transportador Helicoidal

Fuente: Catálogo SIEMENS

Bandas y Poleas

Potencia de diseño

$$P_d = FS * P_{motor}$$

De la Figura O.2 se tiene que el Factor de servicio (FS) para el transportador helicoidal es de 1.4, en servicio continuo.

$$Pd = 1.4 * 5$$

$$Pd = 7 \text{ HP}$$

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 Síncrono AC Fase Dividida DC Devanado en Derivación Motores de Combustión Interna			MOTORES ELÉCTRICOS AC Alto Torque AC Hi-Phase 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 Taladro, 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, Tabillas) 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

Figura O.2.- Factores de servicio
Fuente: Catálogo de Martin

Se escoge una banda de alta capacidad 3VX, por referencia de tablas dadas por Martin.

Por la tabla se tiene que el diámetro mínimo de la polea impulsora es de 3 in.

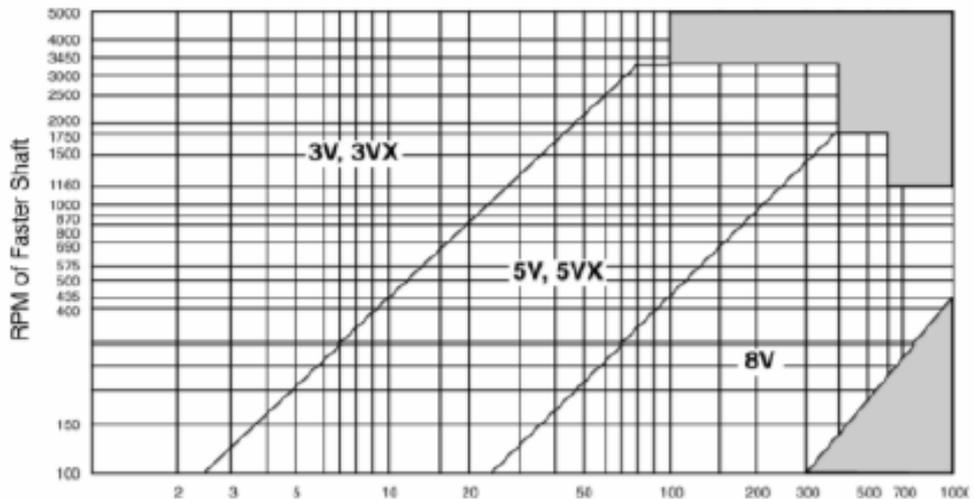


Figura O.3.- Bandas de alta capacidad
Fuente: Catálogo de Martin

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
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Figura O.4.- Diámetro mínimo de la polea impulsora

Fuente: Catálogo de Martin

Considerando el índice de reducción que presenta el reductor seleccionado se tiene de salida una velocidad angular de:

$$w_{reductor} = \frac{w_{motor}}{i} = \frac{1700 \text{ rpm}}{14} = 121.43 \text{ rpm}$$

La relación de velocidad para la selección de las poleas correspondió a:

$$R_v = \frac{121.43}{43} = 2.82$$

Con esa referencia de relación y el diámetro mínimo que debe tener la polea motriz, el catálogo de Martin indica que los diámetros de las poleas deben ser:

$$\phi_{Polea \text{ motriz}} = 5 \text{ in}$$

$$\phi_{Polea \text{ impulsada}} = 14 \text{ in}$$

Considerando una distancia entre centros de 12.3 in dada por datos del catálogo de Martin se tiene un factor de arco de 0.96.

$$\text{Número de bandas} = \frac{7}{6.36 * 0.96}$$

$$\text{Número de bandas} = 1.2$$

$$\text{Número de banda} \approx 2$$

Se requiere para el sistema:

2 bandas 3VX

Polea para el motor: 2 3V 500

Polea para el impulsado: 2 3V 1400

3V Selección de Transmisión en Existencia

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		1100 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
2.77	2.20	6.00	1265	2.93	632	1.67	419	1.18	314	0.92	5.7	8.3	11.1	13.4	15.9	18.5	21.5
2.77	6.90	19.00	1265	15.90	633	9.31	419	6.50	314	5.02	—	—	—	—	—	—	—
2.80	2.35	6.50	1248	3.42	624	1.93	414	1.36	310	1.06	—	7.8	10.6	12.9	15.4	17.9	20.9
2.80	2.50	6.90	1252	3.90	626	2.19	415	1.54	311	1.20	—	7.3	10.1	12.4	15.0	17.5	20.5
2.82	5.00	14.00	1242	11.29	621	6.36	412	4.41	309	3.41	—	—	—	—	—	—	12.3
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.75	0.81	0.85	0.88	0.91	0.93	0.96

Figura O.5.- Bandas y poleas seleccionadas
Fuente: Catálogo de Martin

Chute de alimentación

Para la carga de la materia prima hacia el tornillo se realizó el diseño de un chute de alimentación, con la finalidad de que exista una mejor distribución en la caída del producto.

Para el modelado se consideró únicamente el Diagrama de Flujo del Proceso.

El chute tendrá dos secciones, una en forma de tronco pirámide y una de forma cuadrada.

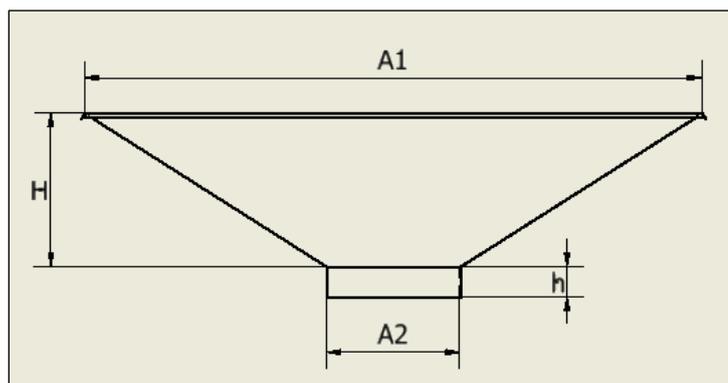


Figura O.6.- Diseño de forma del chute

Volúmen requerido del chute

Geoméricamente el volúmen del chute está definido por la siguiente fórmula:

$$V_{chute} = \frac{H}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) + A_2 h$$

El diseño se lo realizó considerando descarga continua desde el molino hacia el tornillo, por lo que la capacidad del chute estará designada para alimentar al transportador como mínimo cada minuto.

$$Capacidad\ del\ chute = \frac{3000\ kg}{h} * \frac{1\ h}{60\ min} = 50\ \frac{kg}{min}$$

El volúmen mínimo del chute se lo obtuvo relacionando la capacidad encontrada con la densidad de la materia prima.

$$V_{chute} = 50\ kg * \frac{2.2\ lb}{1\ kg} * \frac{ft^3}{15\ lb} = 7.3\ ft^3 = 0.21\ m^3$$

Considerando las dimensiones de la carga dada por el Manual de Martin para el transportador se tuvo A_2 , mientras que las alturas se las obtuvo en base a la altura de descarga del molino.

$$A_2 = 431.8 * 431.8 = 186451.24\ mm^2 = 0.19\ m^2$$

$$H = 0.5\ m$$

$$h = 0.1\ m$$

Con ello se tuvo la dimensión de A_1 .

$$V_{chute} = \frac{0.5}{3}(A_1 + 0.19 + \sqrt{A_1 * 0.19}) + (0.19 * 0.1)$$

$$A_1 \approx 0.7\ m^2$$

Se toma:

$$A_1 = 1\ m^2$$

Estructura del Transportador Helicoidal

Para el diseño de la estructura se tomó en consideración la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), la cual nos indica que se deben considerar cargas muertas y vivas para poder evaluar una estructura de acero.

Para la carga muerta se definió el peso de cada uno de los componentes presente en el Transportador Helicoidal, dichos pesos están tabulados en el Manual de Martin.

Tabla O.6.- Definición de las cargas muertas en el Transportador Helicoidal

CARGAS MUERTAS				
Componente	Masa (lb)	Cantidad	Peso (lb)	Fuerza (N)
Motor	100	1	100	445
Tornillo Helicoidal	816	1	816	3631,2
Artesa	1220	1	1220	5429
Brida	10	8	80	356
Descarga	40	1	40	178
Tapa de bridas	29	2	58	258,1
Chute	250	1	250	1112,5
Eje	32	1	32	142,4
Poleas	30	2	60	267
Reductor	100	1	100	445
Pie de brida	8	2	16	71,2

Fuerza total (N)	12335,4
-------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia

Para la carga viva, se consideró la capacidad en masa del chute de alimentación.

Tabla O.7.- Definición de las cargas vivas en el Transportador Helicoidal

CARGA VIVA	
Peso (lb)	Fuerza (N)
255	1134,75

Fuente: Elaboración propia

La estructura presenta dos secciones de apoyo, una superior y otra inferior. En la parte superior de la estructura se concentra el 60% del total de la carga muerta debido a que es donde está ubicado el sistema motriz, mientras que en la parte inferior se concentra el restante de la carga muerta y toda la carga viva ya que es donde se encuentra la zona de alimentación.

Finalmente, se consideró un incremento del 20% para compensar cualquier error de estimación.

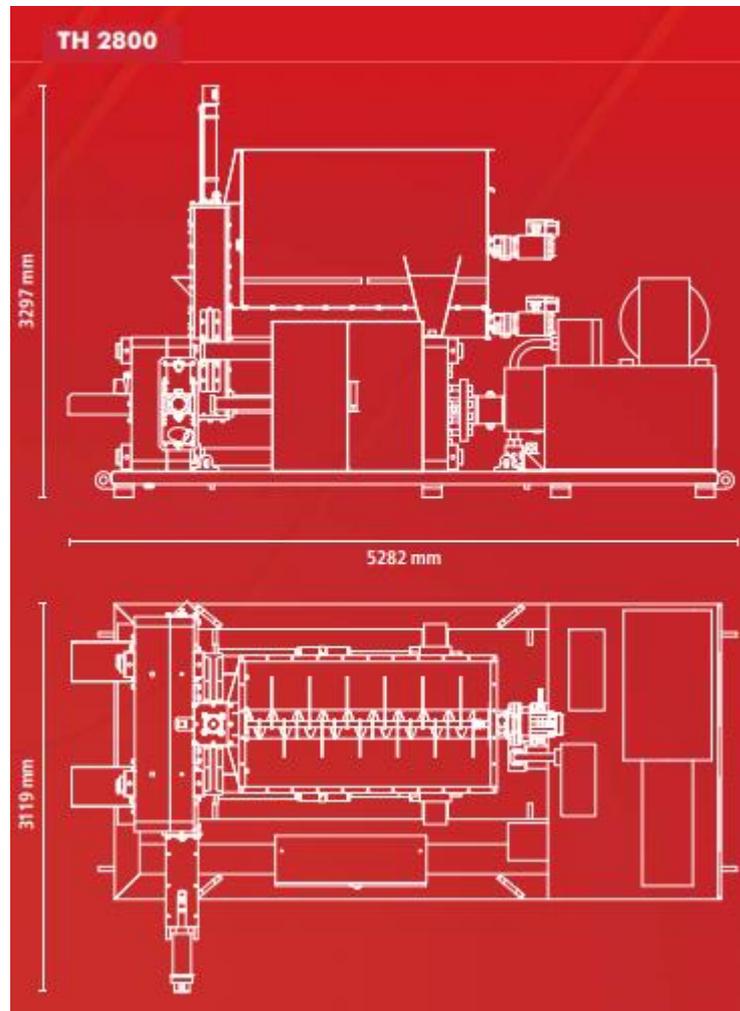
Tabla O.8.- Distribución de fuerzas

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS (N)	
Parte superior	7401,24
Parte inferior	6068,91
DISTRIBUCIÓN FINAL (N)	
Parte superior	8881
Parte inferior	7282

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE P

BRIQUETADORA



TECHNICAL SPECIFICATIONS		TH 1500	TH 2800	TH 3400
Briquette diameter	[mm]	150 x 60	280 x 140	340 x 340
Output	[kg/h]	up to 400	up to 3,000	up to 6,000
Hydraulic motor	[kW]	30	90	90
Auger motor	[kW]	2.2	4	4
Hydraulic oil charge	[l]	1,000	2,000	2,000
Weight	[approx. kg]	4,500	21,000	21,000

Figura P.1.– Especificaciones técnicas de la Briquetadora.
Fuente: (WEIMA)

CAMIÓN



	HFC-1040K2	Unidad mm.	WB	OL	FF	AF	FT	OW	RT	OH	CL
	HFC-1040KL	Unidad mm.	3000	5745	1105	1530	1440	1790	1790	2213	3930

--	--	--

UNIDAD KG HFC1040	PESO BRUTO	PESO TOTAL	CAPACIDAD
	VEHICULAR (GVW)	CHASIS. CABINA	DE CARGA(Kg)
	5740 / 5300	2250 / 2200	3490 / 3000

Figura P.2.- Especificaciones técnicas del camión
Fuente: (JAC Ecuador)

MOLINO DE MARTILLO

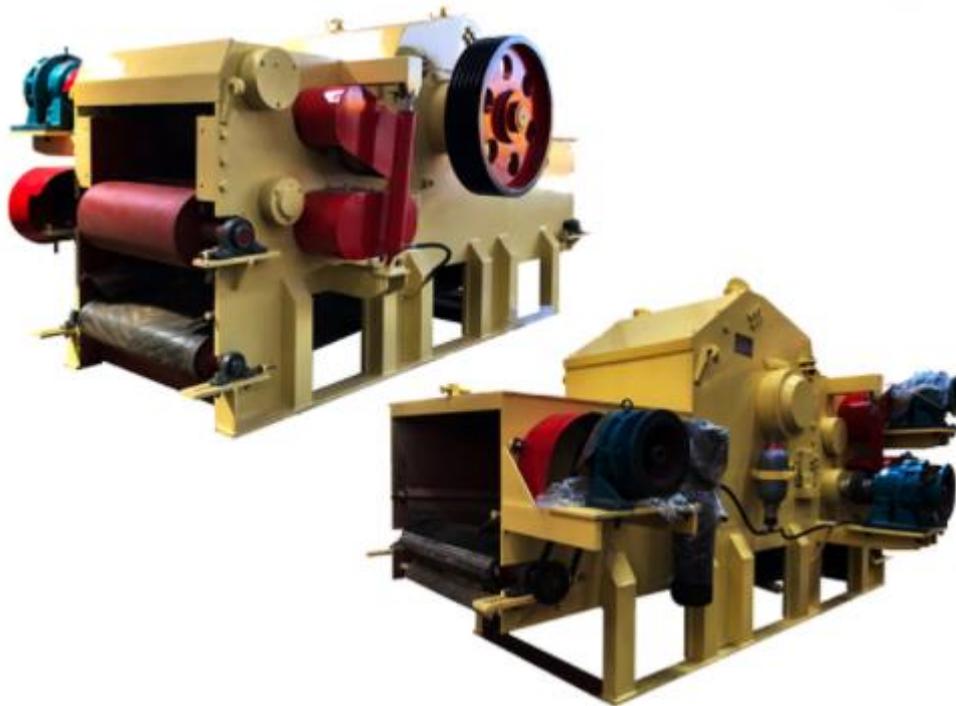


Atributos del producto

Modelo	: SG65X55	Marca	: Kingoro
Tipo	: Trituradora de martillo	Objeto	: Madera
Manejar	: Eléctrico	Grado de aplastamiento:	Rectificadora fina
Estilo de trituración	: Molienda e Impacto	Principio	: Eliminación fija
Material del cortador	: Aleación dura	Superficie acabada	: Proceso de Superficie Exterior
Resistencia a la com...	: > 300MPA	Características de las...	: Pinzas ajustables
Certification	: CE ISO SGS	Output Diameter:	: 1-5mm
Application	: Making Sawdust	Dimension(L*W*H)	: 2000*1000*1200mm
Place Of Origin	: Shandong, China (Mainland)	Voltage	: 380v 50hz 3phase
Condition	: New	Motor	: Siemens Motor

Figura P.3.– Especificaciones técnicas del molino de martillo.
Fuente: (Shandong Kingoro Machinery)

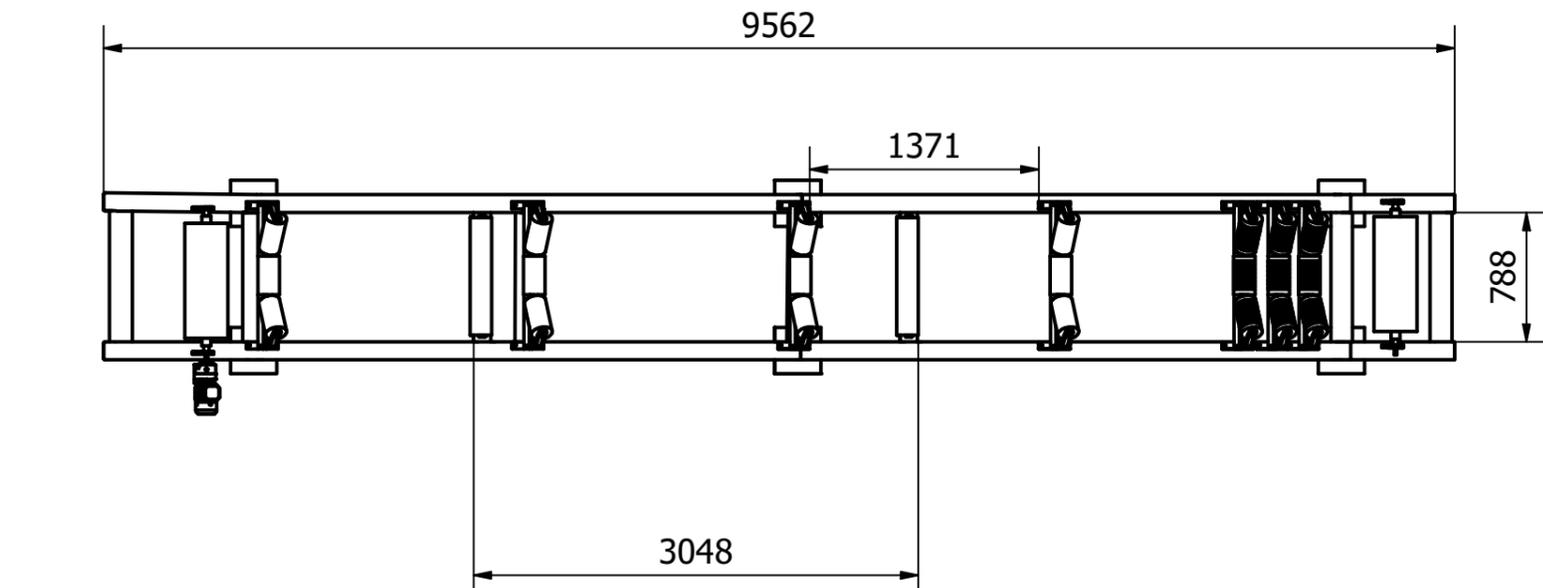
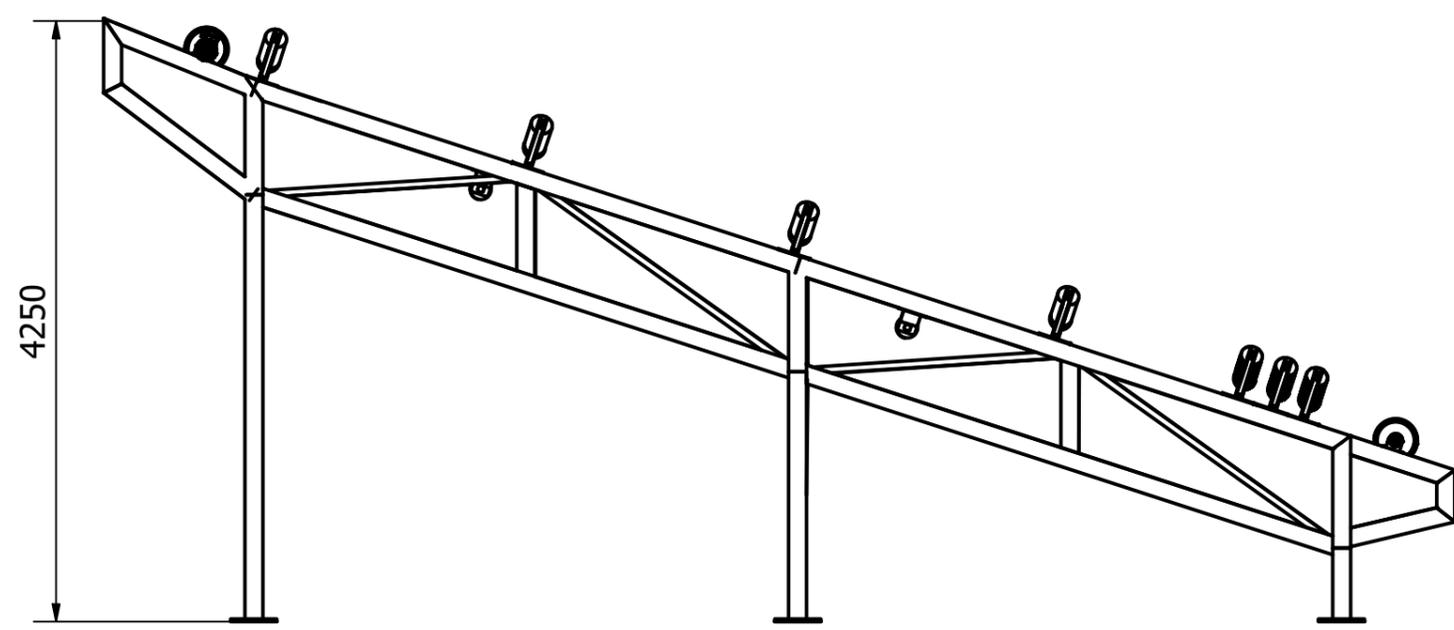
CORTADORA



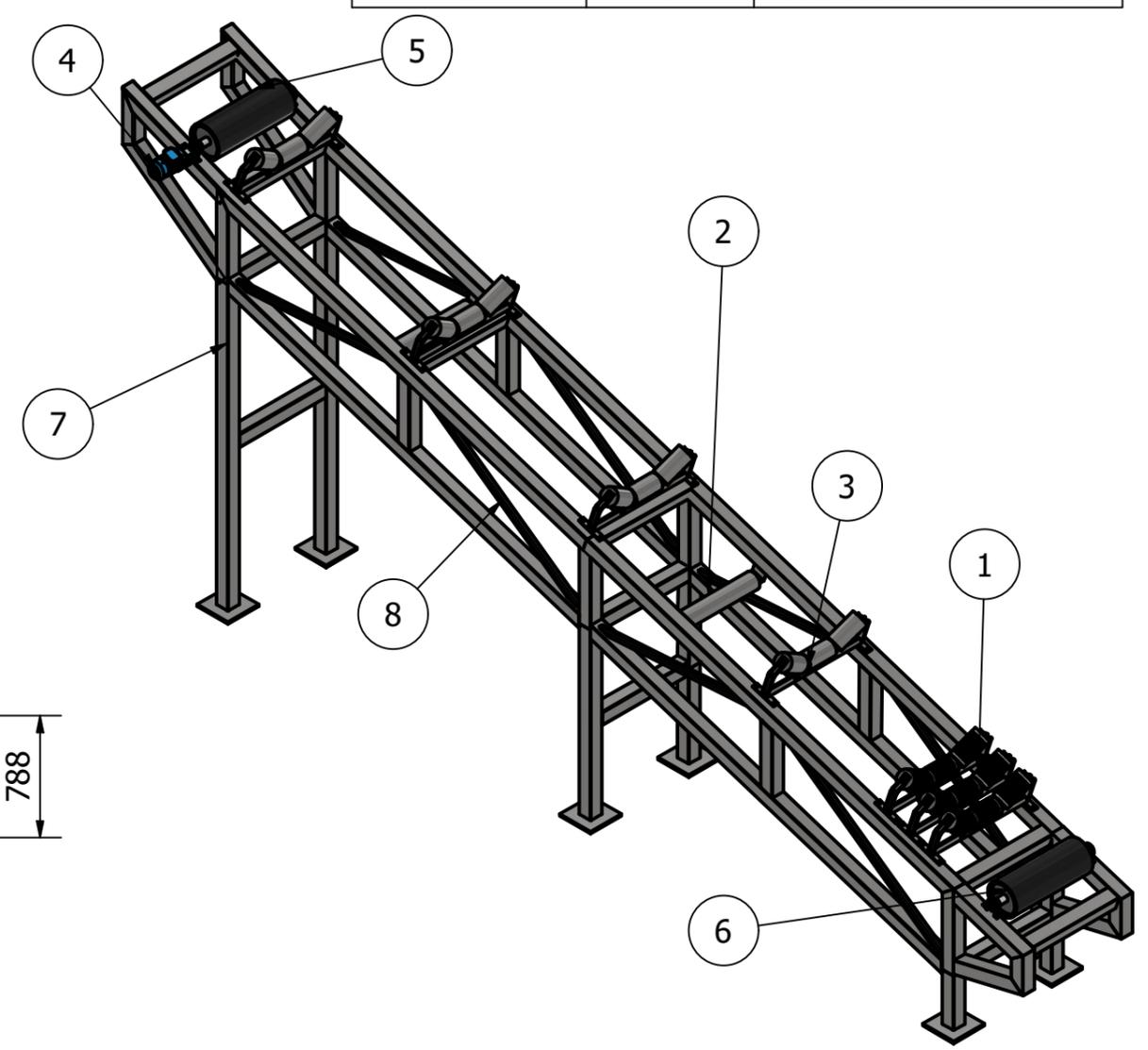
Modelo	HX215	HX216	HX21	HX21	HX426	HX428
Diámetro de la hoja	500	650	650	800	650	800
Número de hoja (pieza)	2	2	2	2	20	24
Tamaño de entrada	180x40	240x5	240x	310x6	1250x2	1250x3
Velocidad de rotación	592	590	590	650	600	650
Tasa de alimentación	38	38	38	35-38	38	38
Diámetro máximo del	160	220	220	300	240	300
Longitud de la viruta de	35	35	35	15-35	30-80	30-80
Capacidad (tph)	6-8	8-12	8-15	10-15	8-10	10-15
Potencia principal (kw)	45	55	75	110	90	110
De la potencia (kw)	2.2*2	4 + 3	4 + 3	2*4	5.5x2	7.5x2
Peso (t)	2.9	4.07	5.5	7	7	9.5
De entrega	1x40	1x40	1x40	1x40	1x40	1x40

Figura P.4.– Especificaciones técnicas de la cortadora

Fuente: (Shandong Hongxin Machinery)

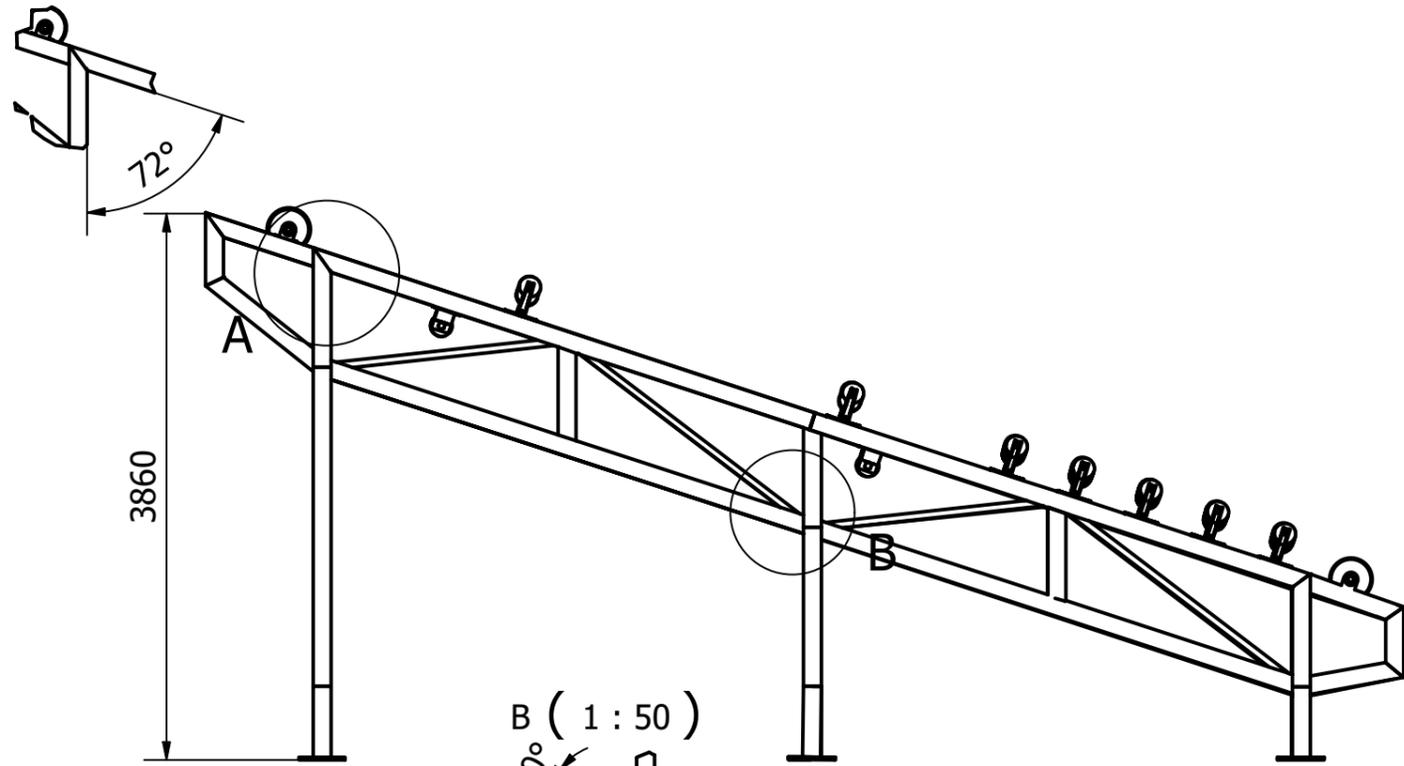


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	3	Rodillo de impacto
2	2	Rodillo de retorno
3	3	Rodillo
4	1	Motoreductor
5	1	Tambor motriz
6	1	Tambor de cola
7	32	Tubo cuadrado 120x120x5
8	8	Tubo cuadrado 50x50x6

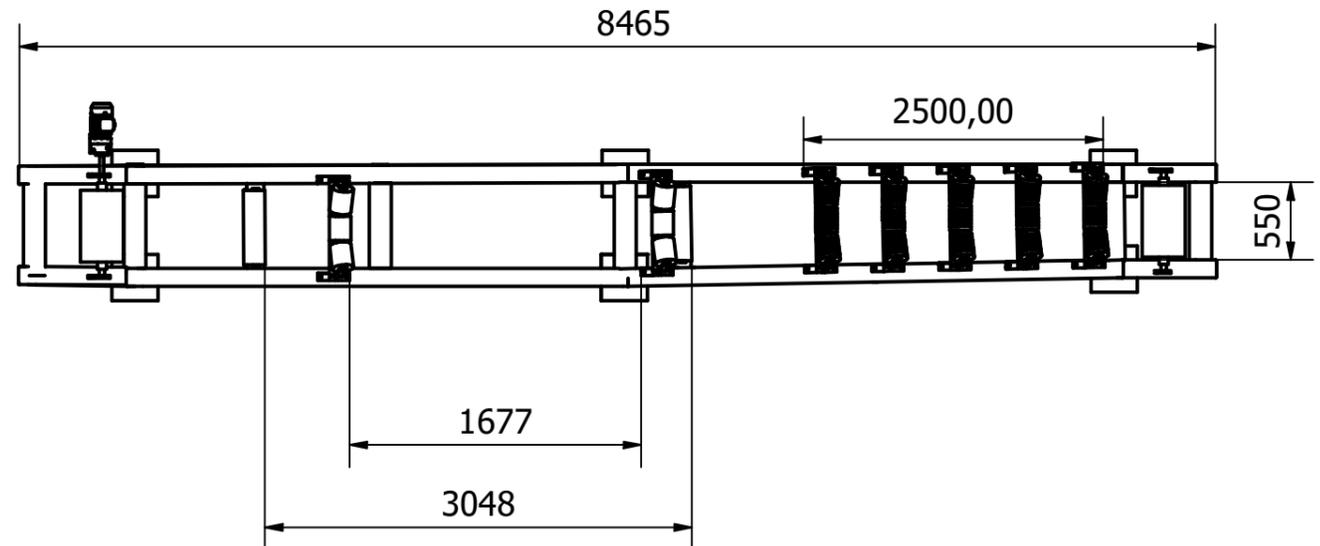


Elaborado por: Cariel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por: Ing. Federico Camacho	Fecha: 8/5/2021	
		Título: Estructura BT1 Material : ACERO FIMCP	

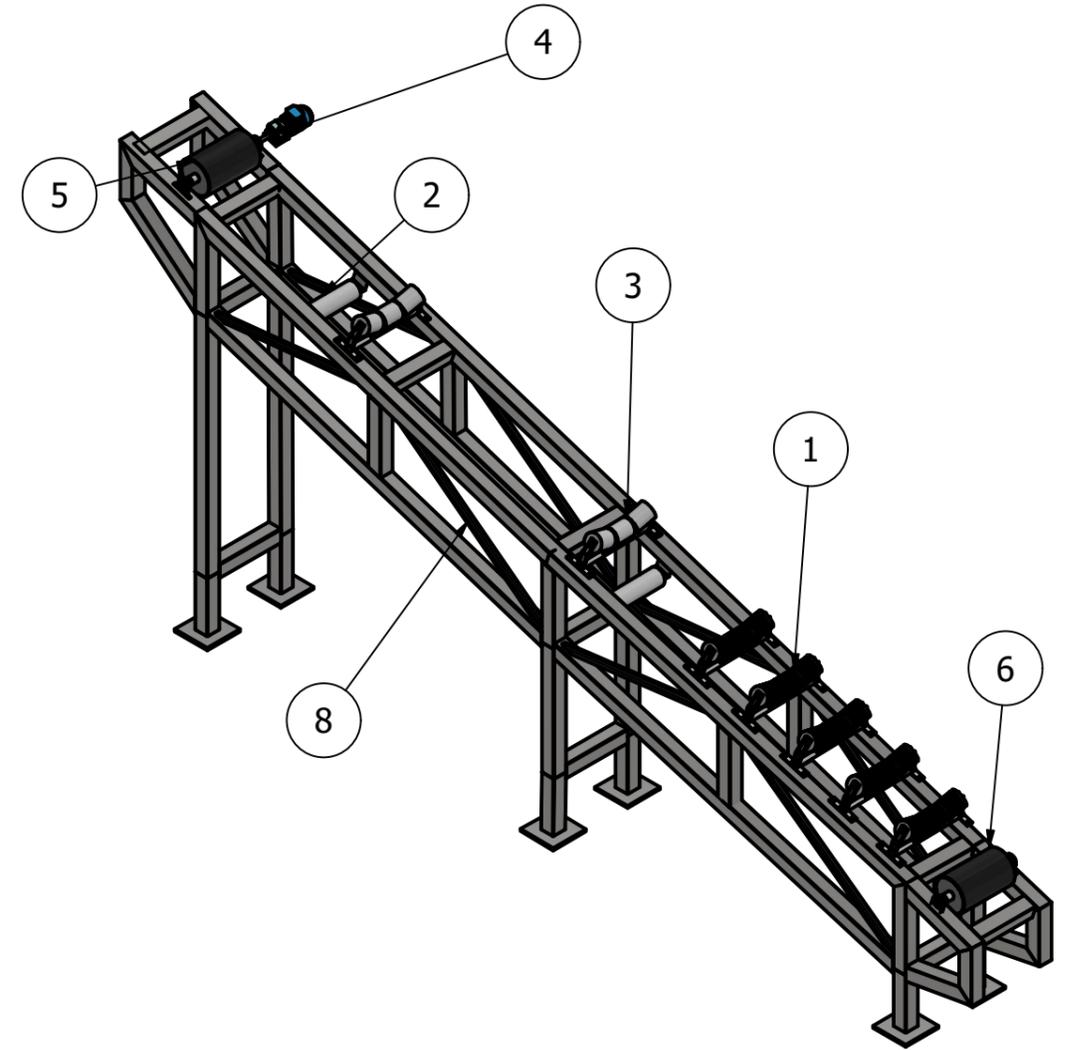
A (1 : 50)



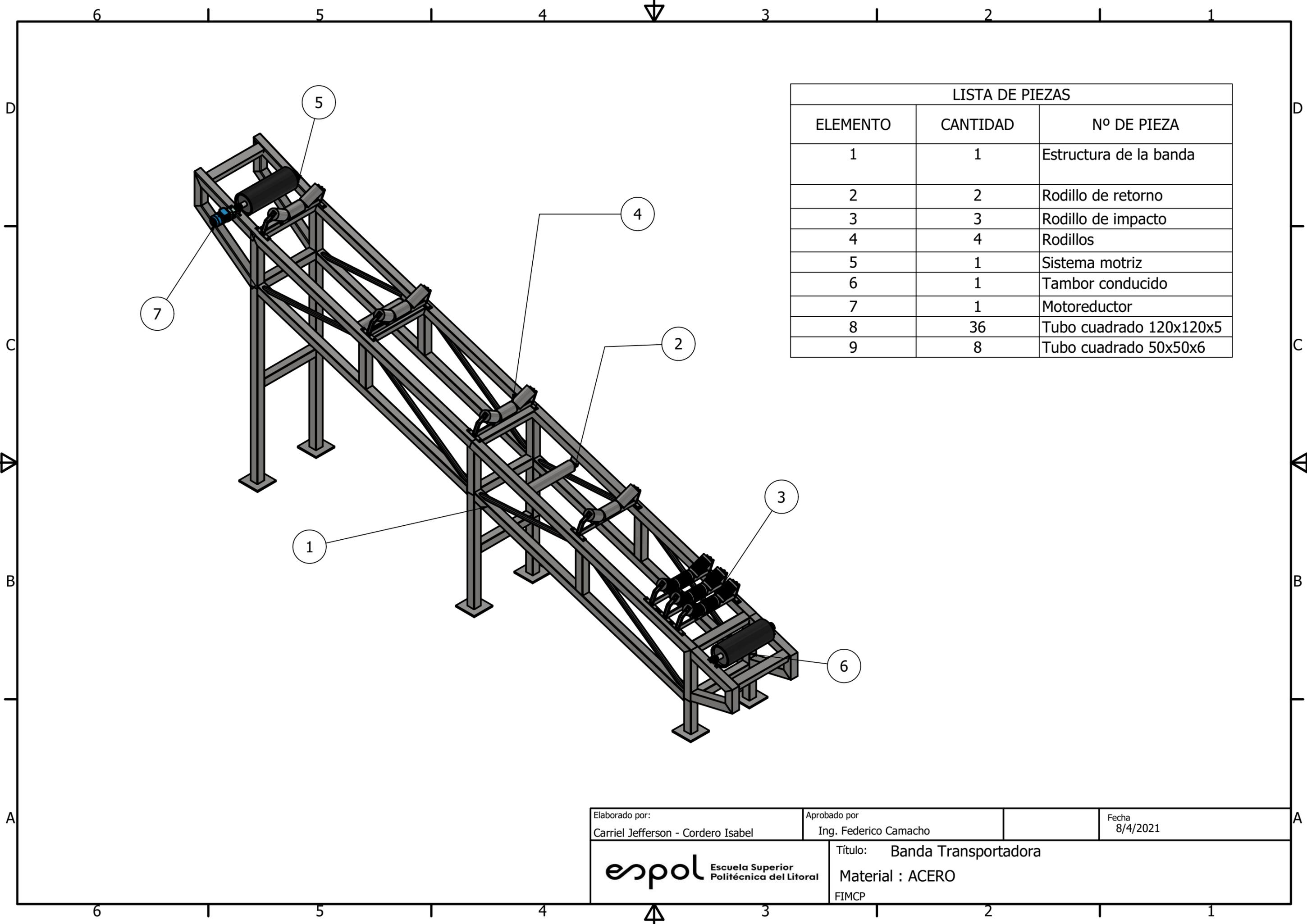
B (1 : 50)



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANTIDAD	Nº DE PIEZA
1	5	Rodillo de impacto
2	2	Rodillo de retorno
3	2	Rodillo
4	1	Motoreductor
5	1	Tambor motriz
6	1	Tambor de cola
7	32	Tubo cuadrado 120x120x5
8	8	Tubo cuadrado 50x50x6

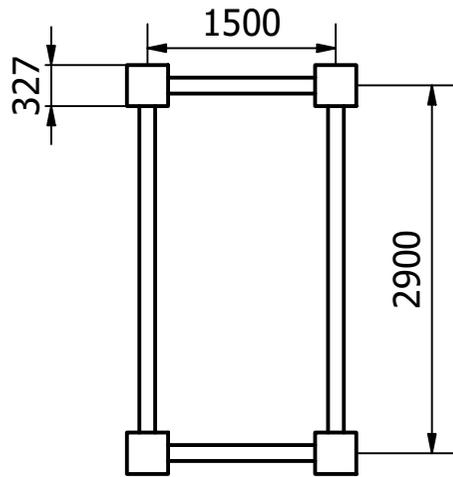


Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por: Ing. Federico Camacho	Fecha: 8/4/2021	
		Título: Estructura de BT2 Material : ACERO FIMCP	

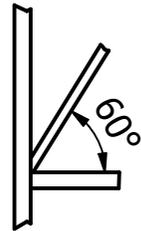


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANTIDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Estructura de la banda
2	2	Rodillo de retorno
3	3	Rodillo de impacto
4	4	Rodillos
5	1	Sistema motriz
6	1	Tambor conducido
7	1	Motoreductor
8	36	Tubo cuadrado 120x120x5
9	8	Tubo cuadrado 50x50x6

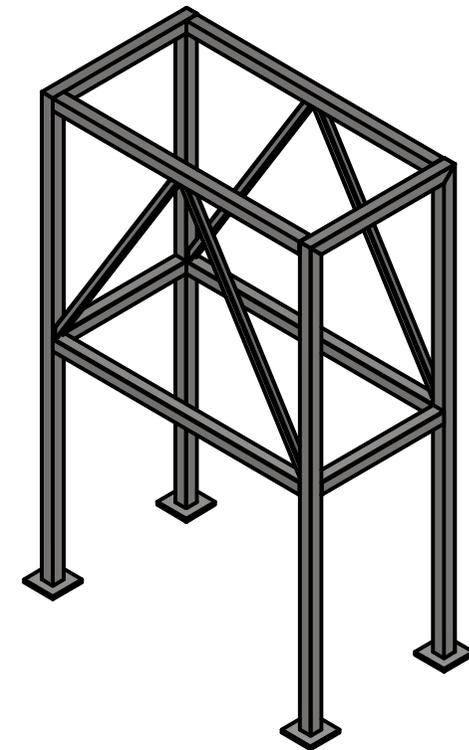
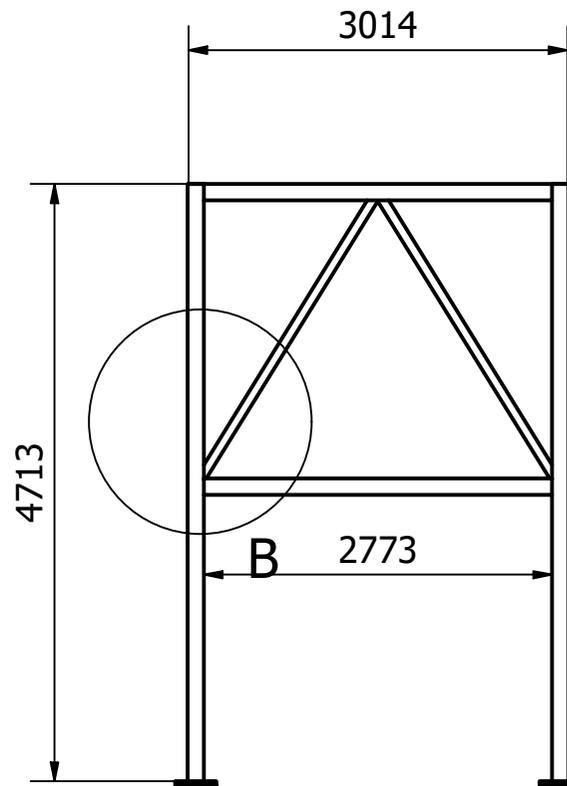
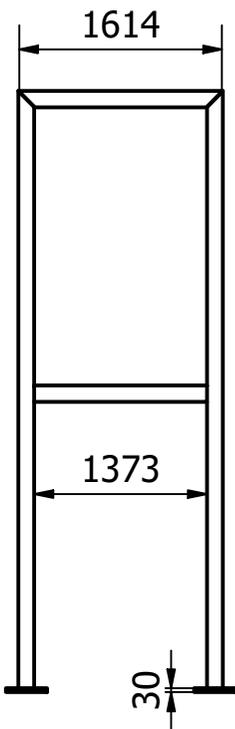
Elaborado por: Cariel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por: Ing. Federico Camacho	Fecha: 8/4/2021
		Título: Banda Transportadora Material : ACERO FIMCP



B (1 : 60)



LISTA DE PIEZAS		
Item	Cantidad	Nº DE PIEZA
1	1	Cuerpo de Tolva
2	16	Tubo cuadrado 120x120x3
3	4	Tubo cuadrado 75x75x6



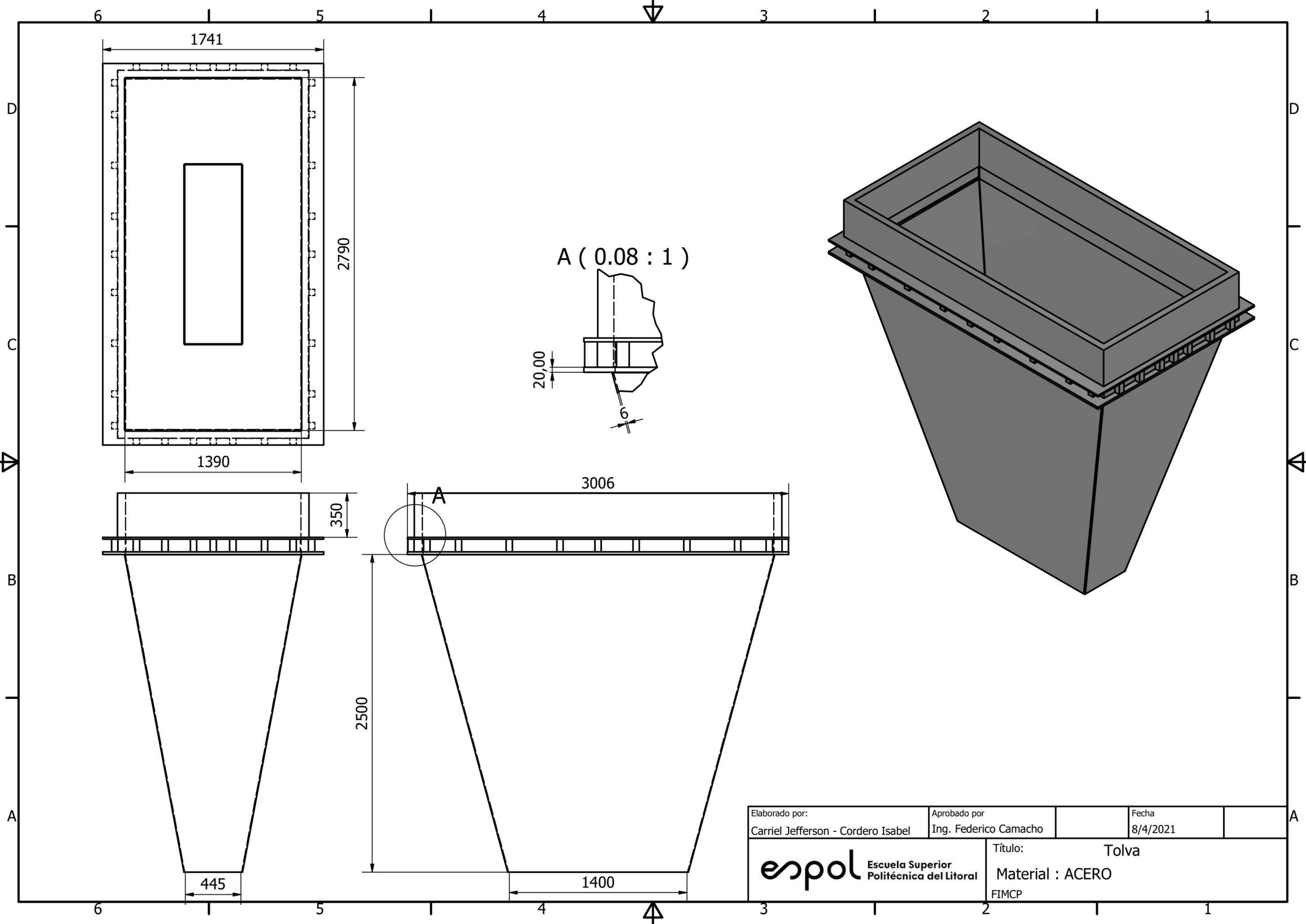
Elaborado por:
Carriel Jefferson-Cordero Isabel

Aprobado por
Ing. Federico Camacho

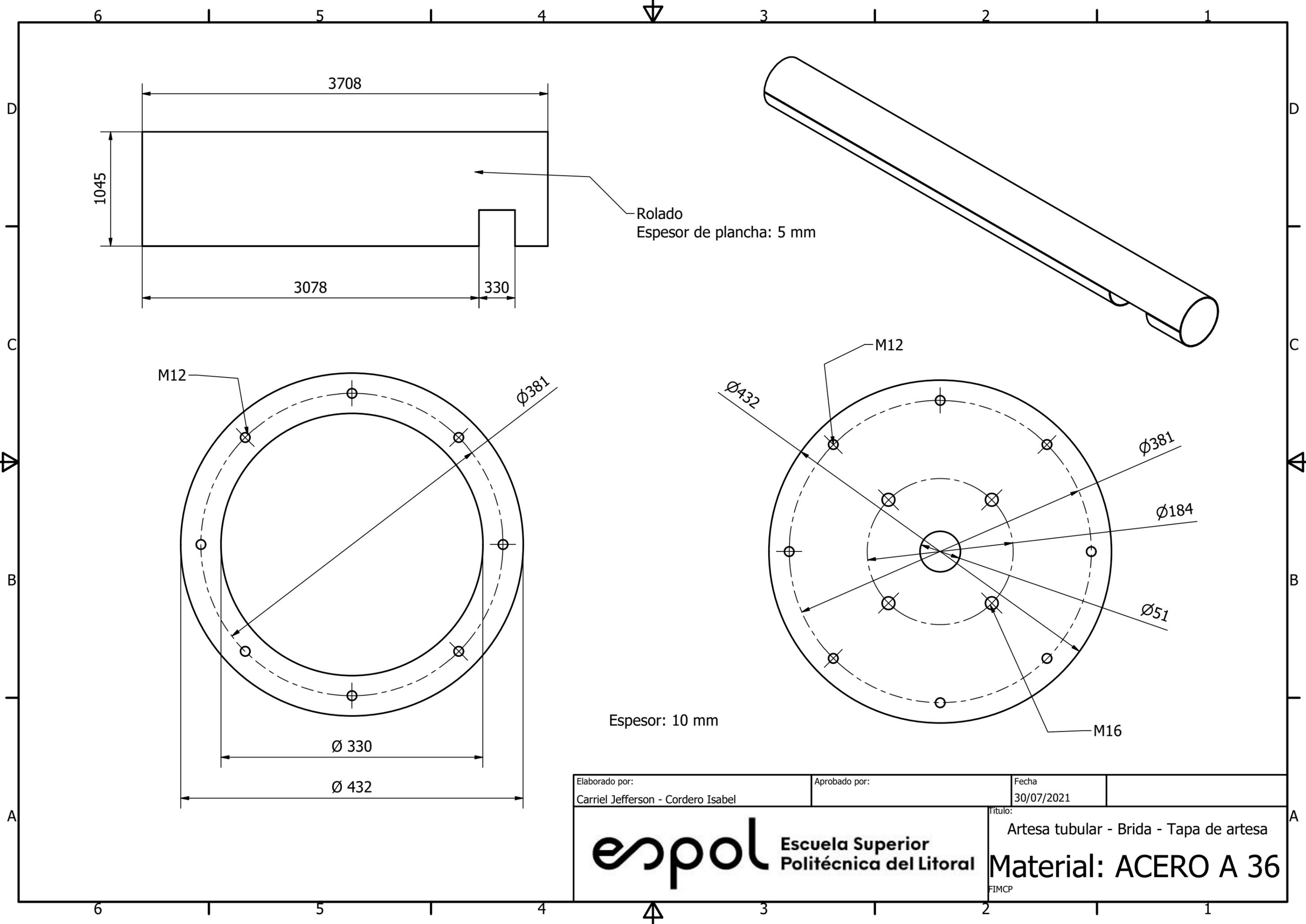
Fecha
8/4/2021

espol Escuela Superior
Politécnica del Litoral

Título: Estructura de la Tolva
Material : ACERO
FIMCP



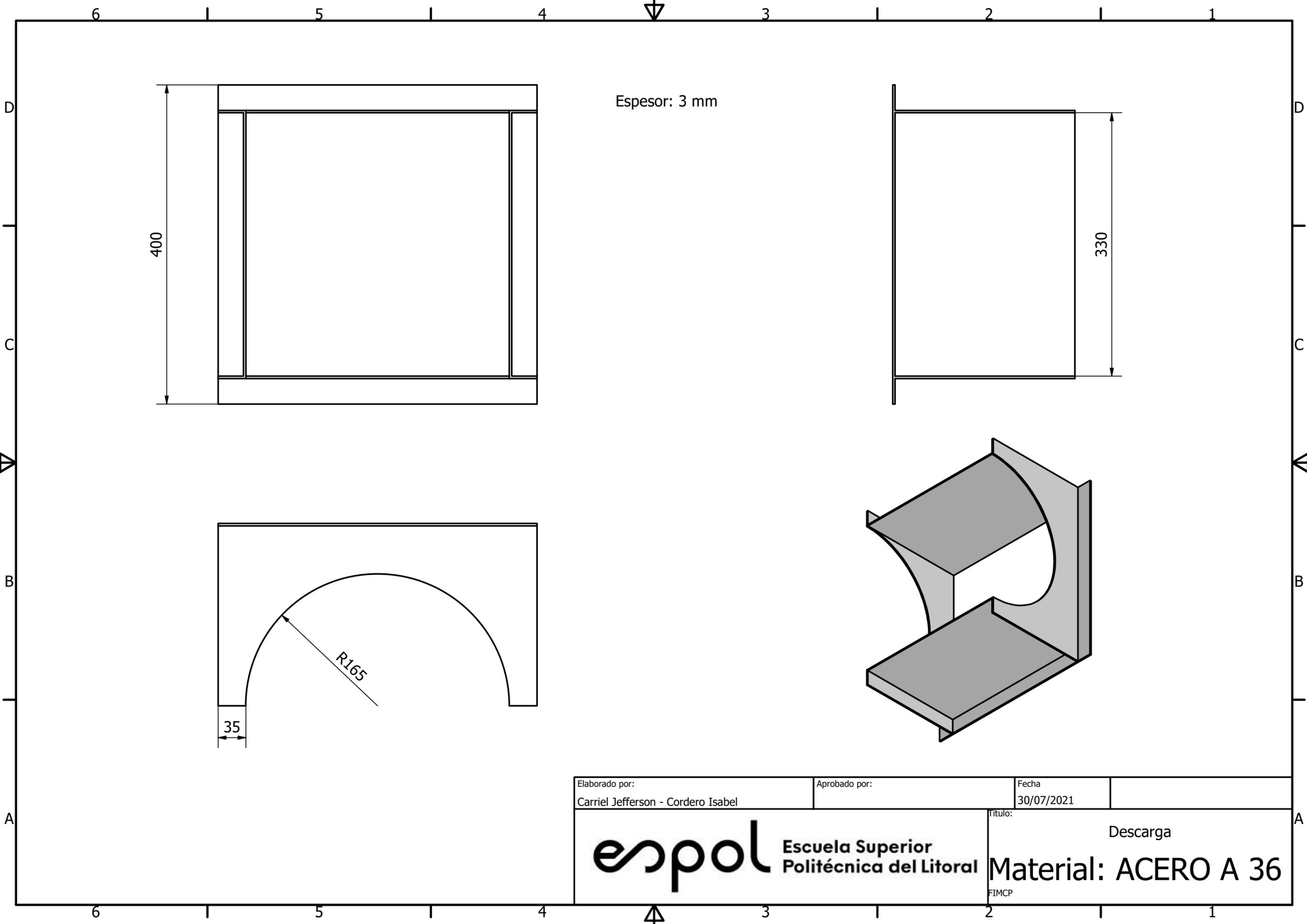
Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por: Ing. Federico Camacho	Fecha: 8/4/2021	
espol Escuela Superior Politécnica del Litoral FIMCP		Título: Tolva Material : ACERO	

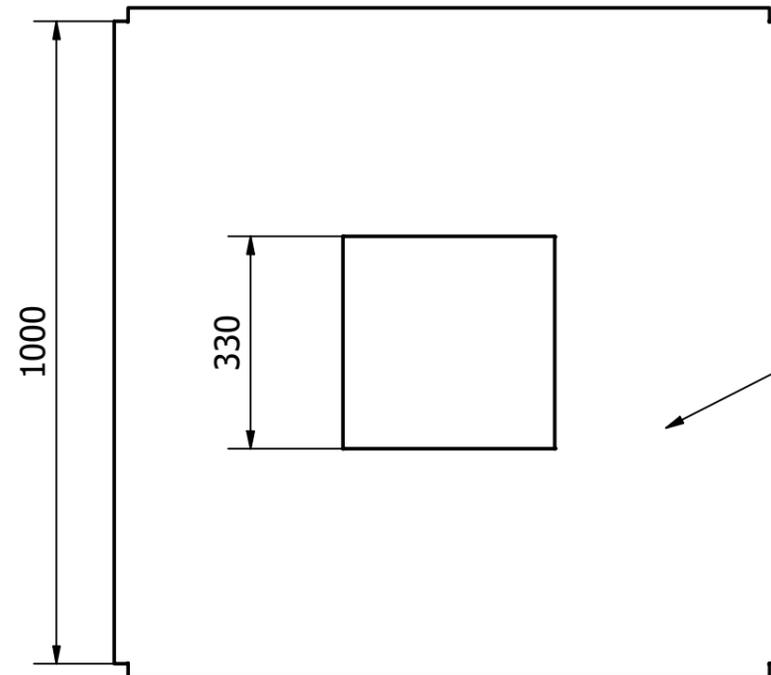
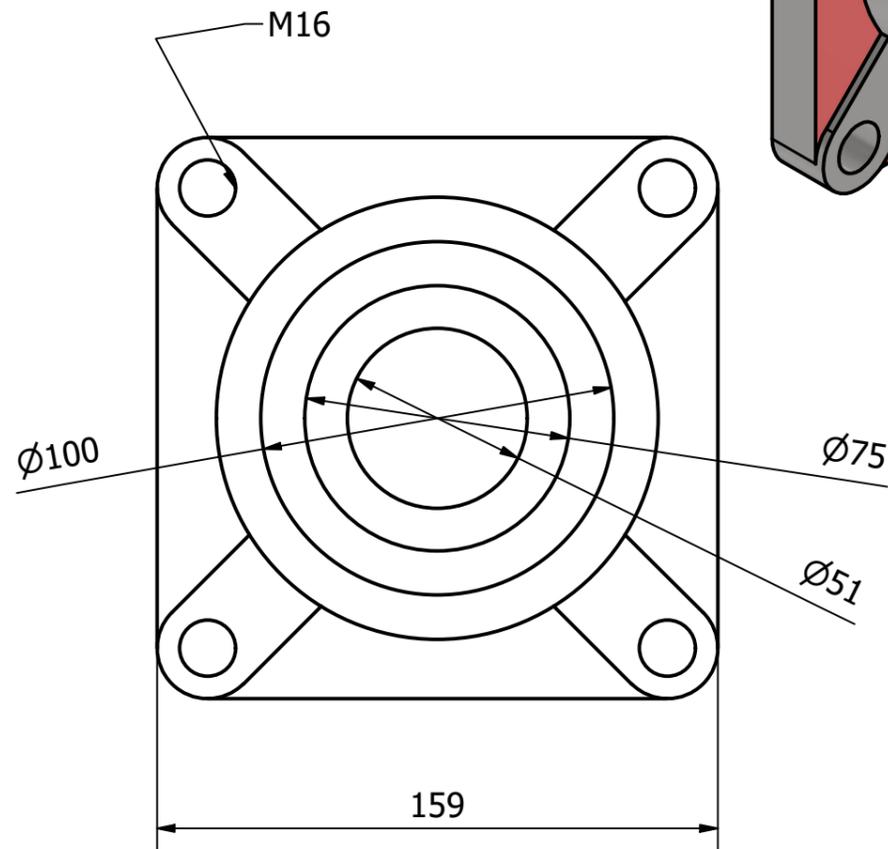
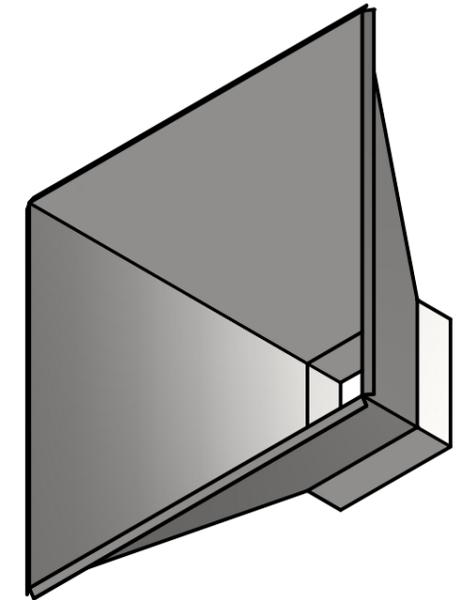
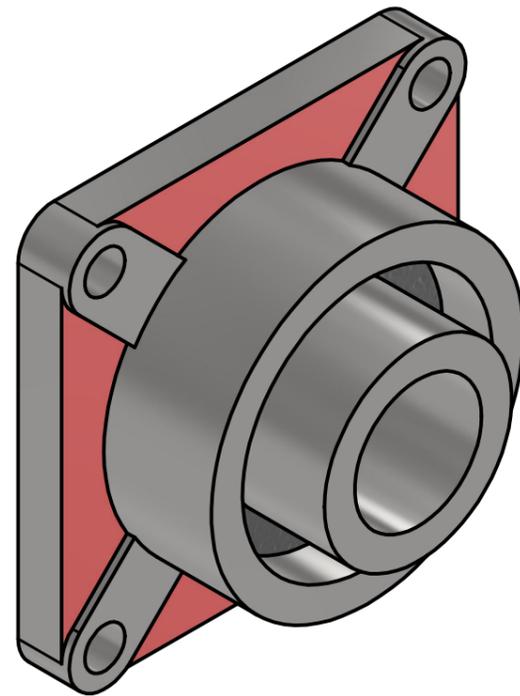
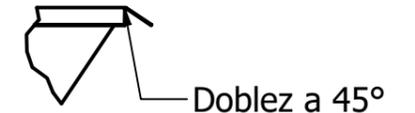
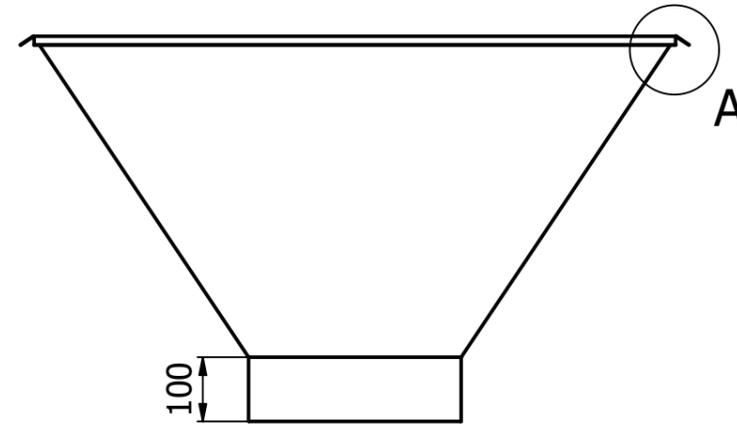
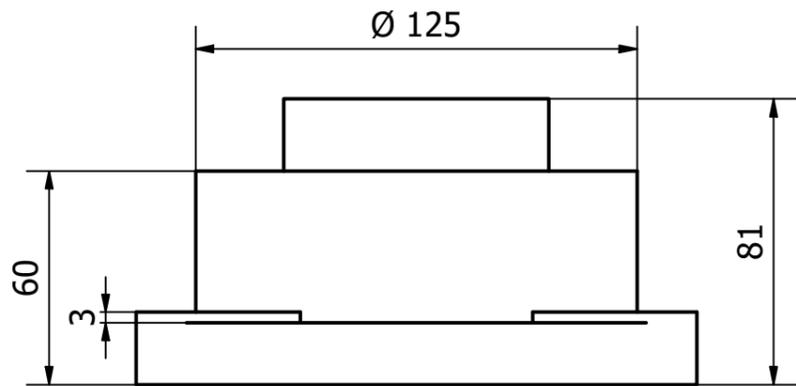


Rolado
 Espesor de plancha: 5 mm

Espesor: 10 mm

Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por:	Fecha 30/07/2021	
		Título: Artesa tubular - Brida - Tapa de artesa	
		Material: ACERO A 36 <small>FIMCP</small>	

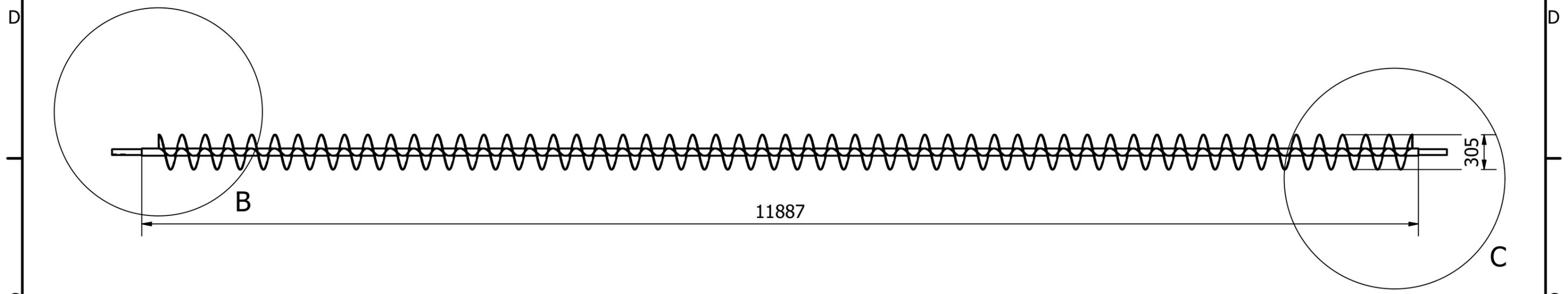




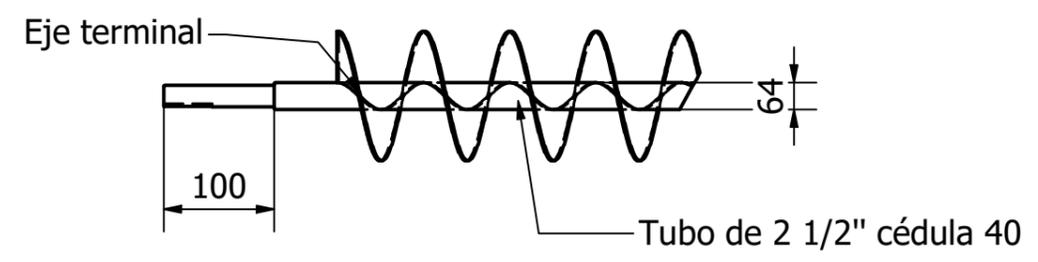
Espeor de plancha: 5 mm

Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por:	Fecha 30/07/2021	Título: Rodamiento - Chute de Alimentación
		Material: ACERO A36	

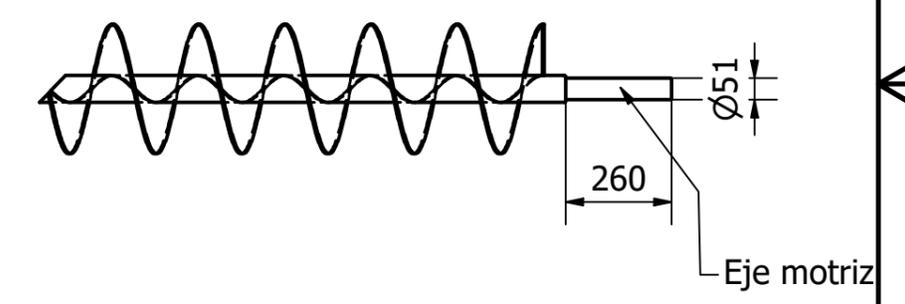
6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



B (0,06 : 1)



C (0,06 : 1)



C C

B B

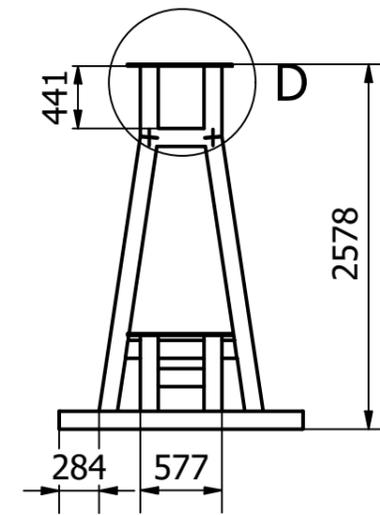
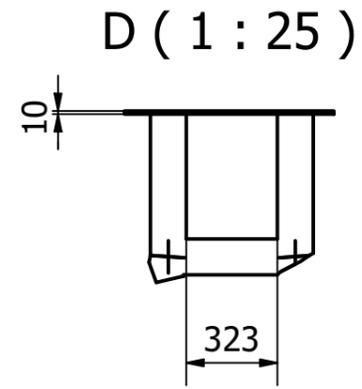
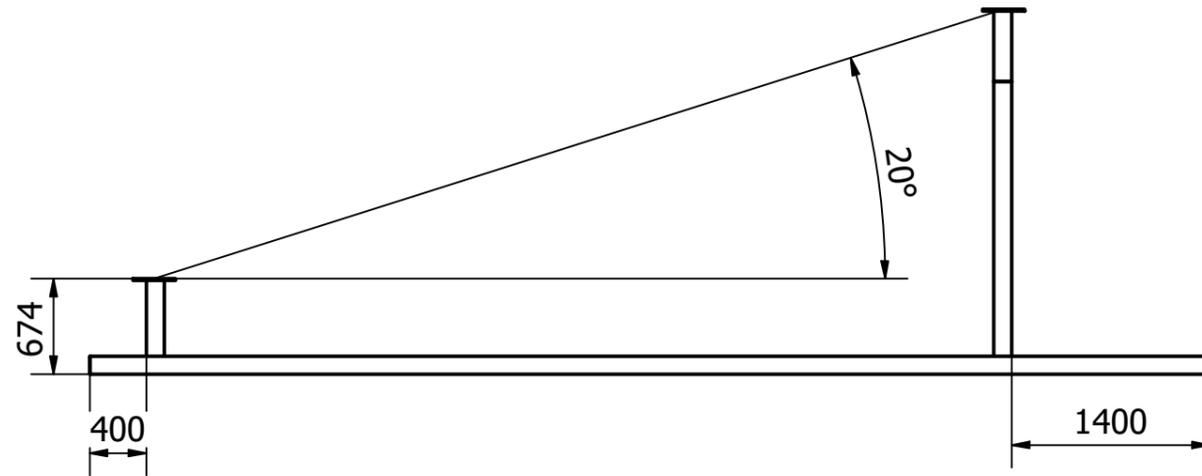
A A

Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por:	Fecha 30/07/2021	
		Título: Tornillo helicoidal	
		Material: ACERO A36	

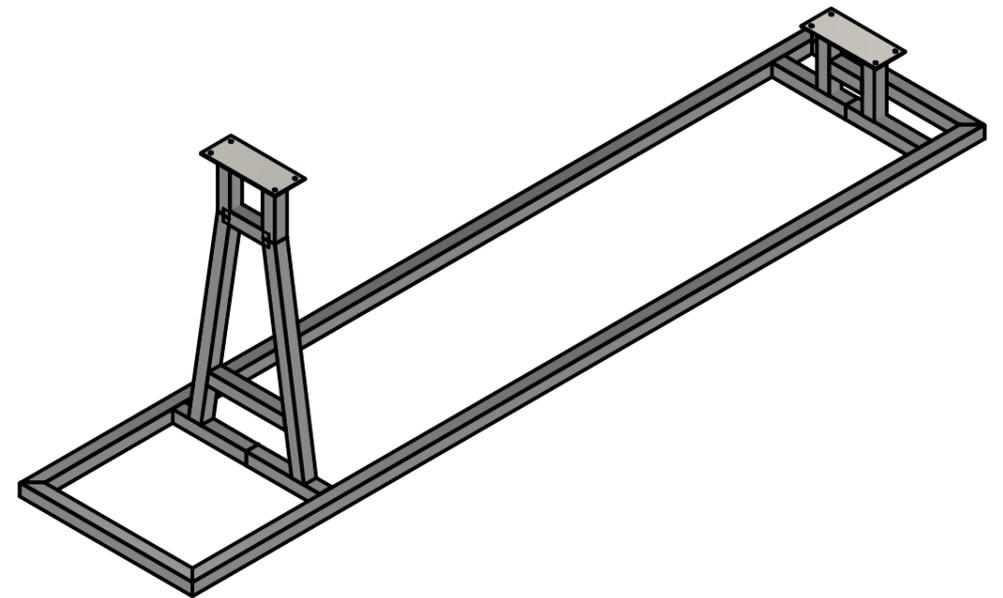
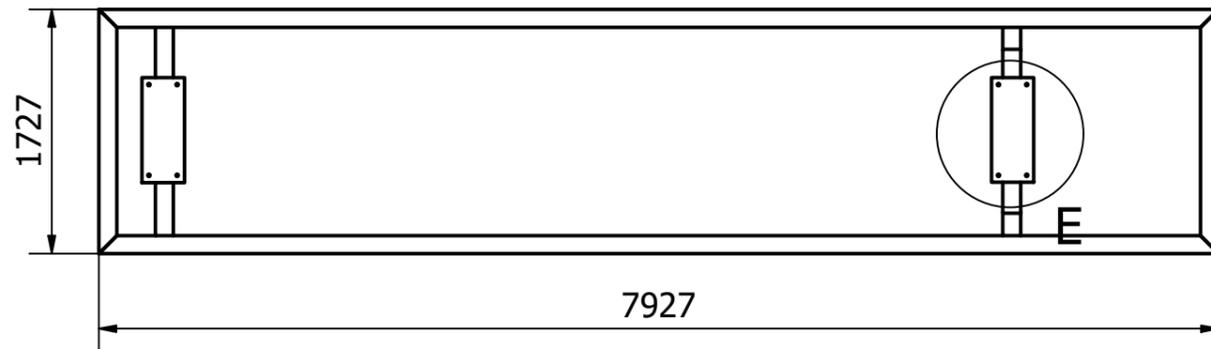
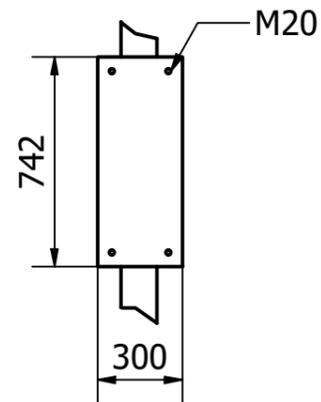


6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

Tubos cuadrados 120x120x5 mm



E (1 : 25)



Elaborado por:

Carriel Jefferson - Cordero Isabel

Aprobado por:

Fecha

30/07/2021

Título:

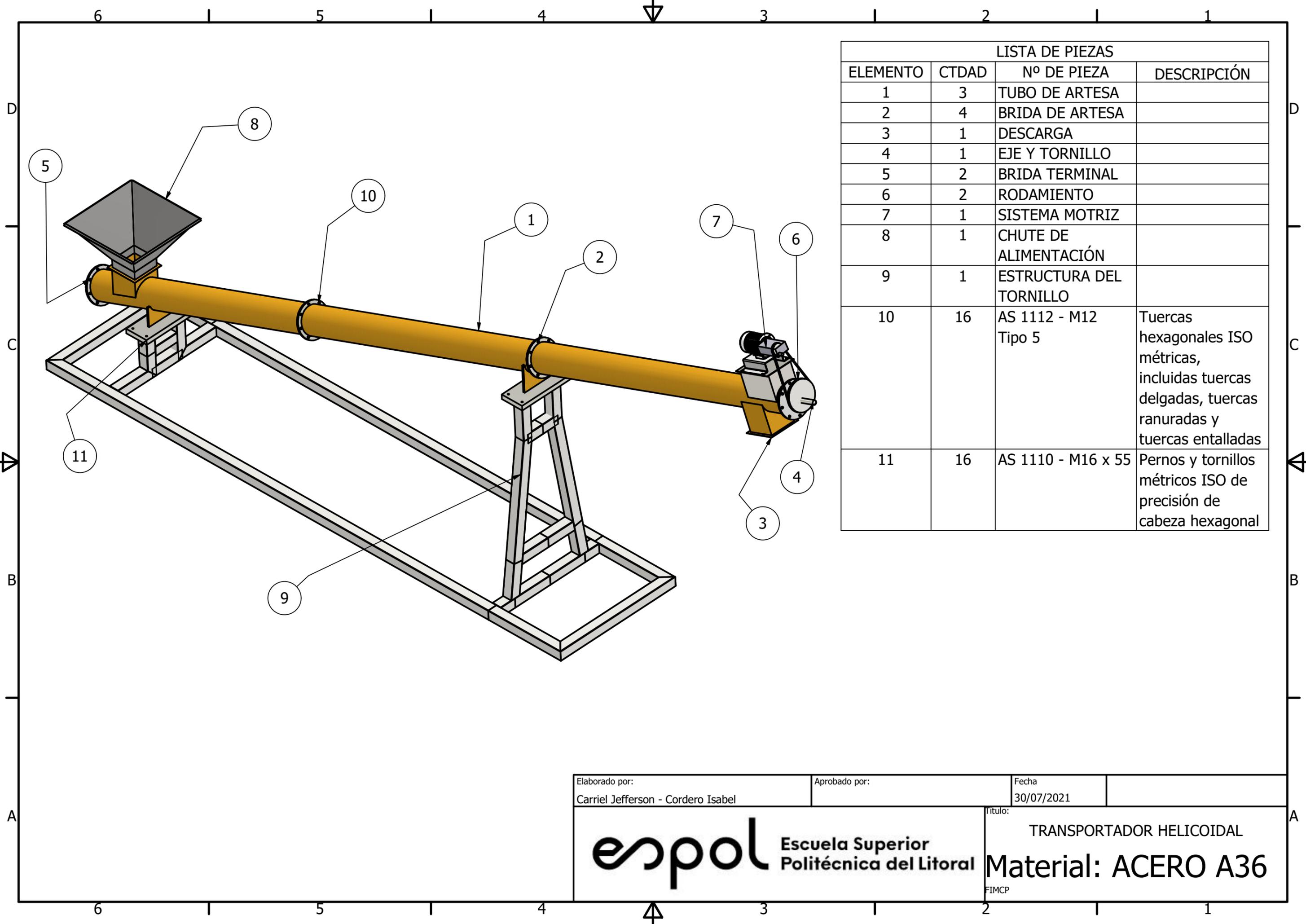
Estructura del Transportador Helicoidal

espol

Escuela Superior
Politécnica del Litoral

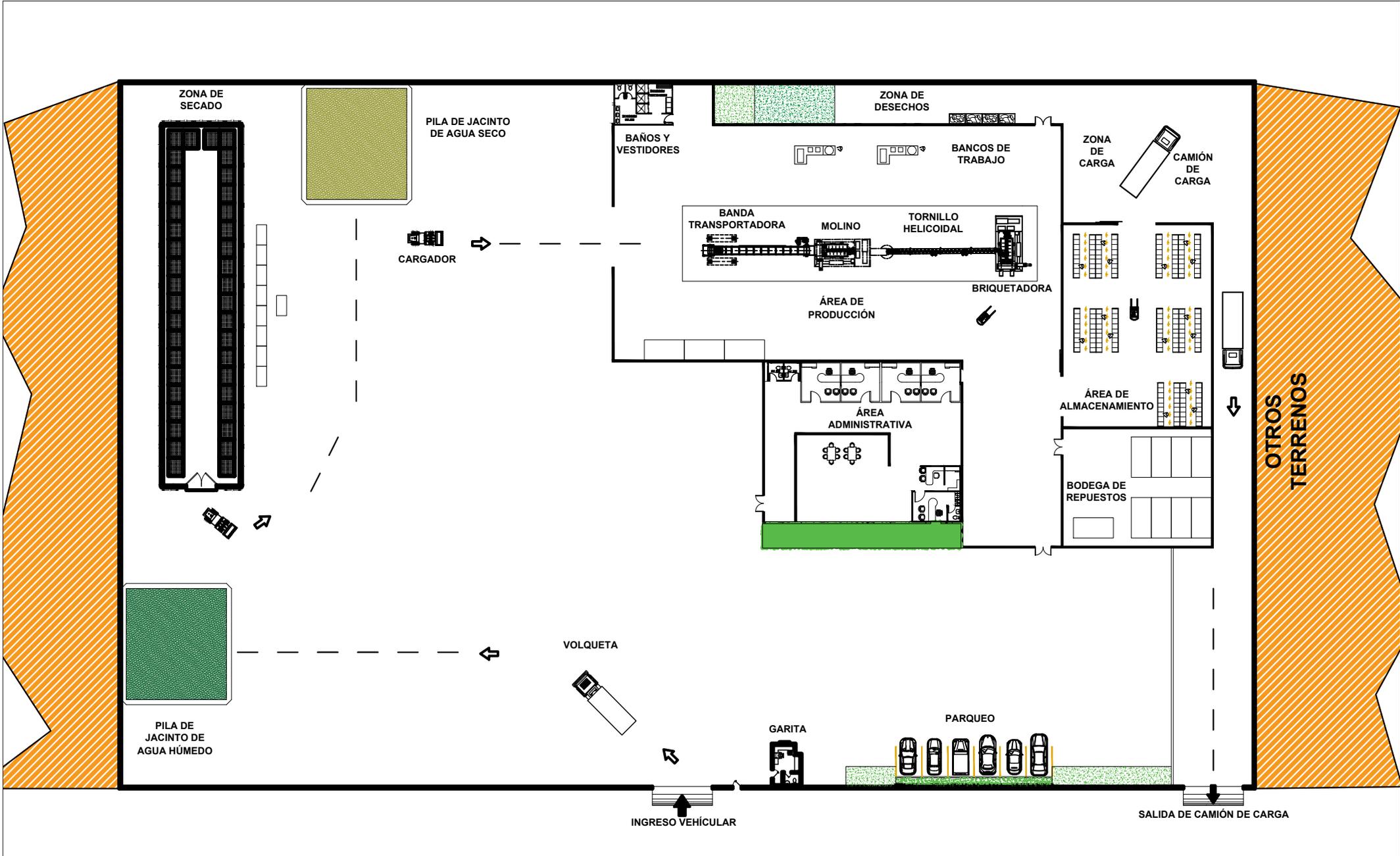
Material: ACERO

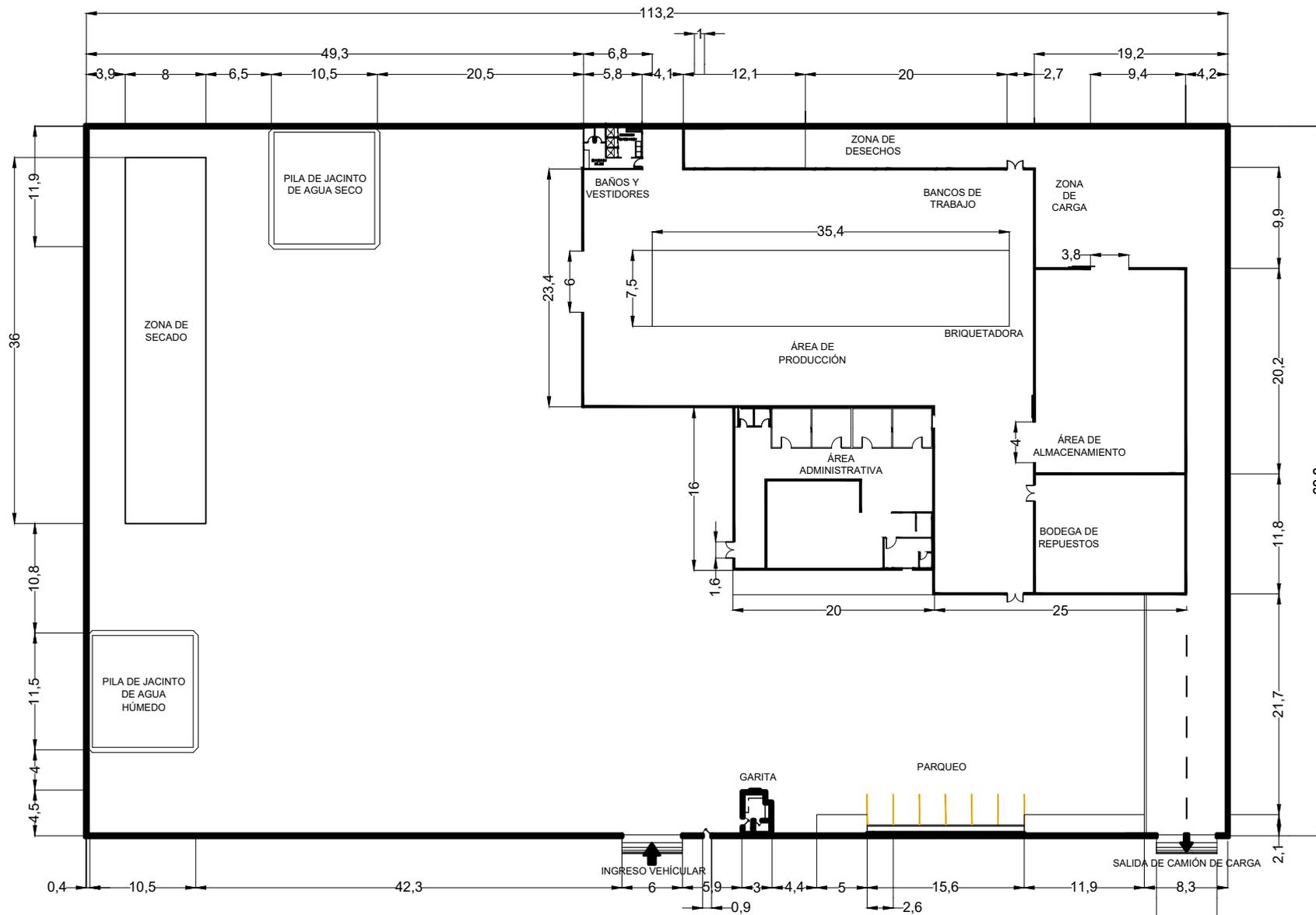
FIMCP



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	3	TUBO DE ARTESA	
2	4	BRIDA DE ARTESA	
3	1	DESCARGA	
4	1	EJE Y TORNILLO	
5	2	BRIDA TERMINAL	
6	2	RODAMIENTO	
7	1	SISTEMA MOTRIZ	
8	1	CHUTE DE ALIMENTACIÓN	
9	1	ESTRUCTURA DEL TORNILLO	
10	16	AS 1112 - M12 Tipo 5	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
11	16	AS 1110 - M16 x 55	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal

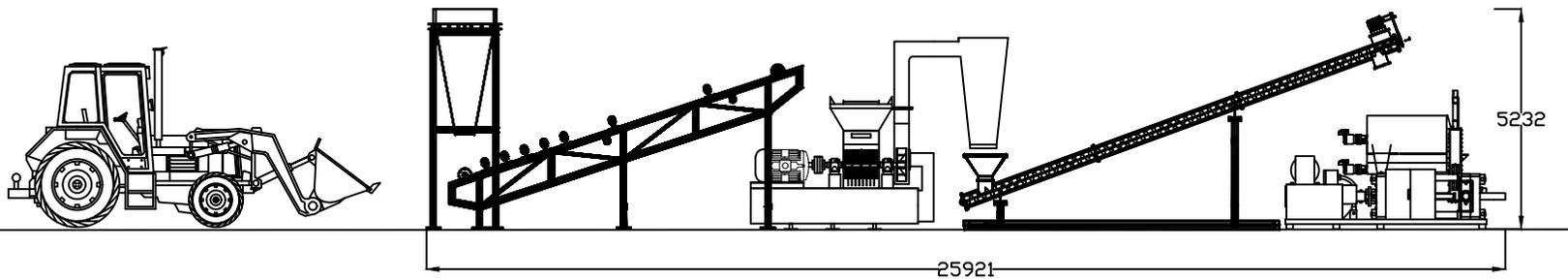
Elaborado por: Carriel Jefferson - Cordero Isabel	Aprobado por:	Fecha 30/07/2021	Título: TRANSPORTADOR HELICOIDAL
		Material: ACERO A36	







Autores: Jefferson Carriel - Isabel Cordero
Título: Vista de planta acotado
Unidad: metros
Fecha: 17/08/2021



espol

Autores:

Jefferson Carriel - Isabel Cordero

Título:

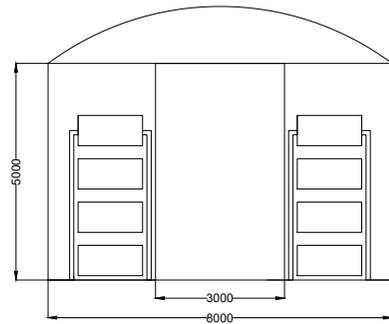
VISTA FRONTAL - LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Unidad:

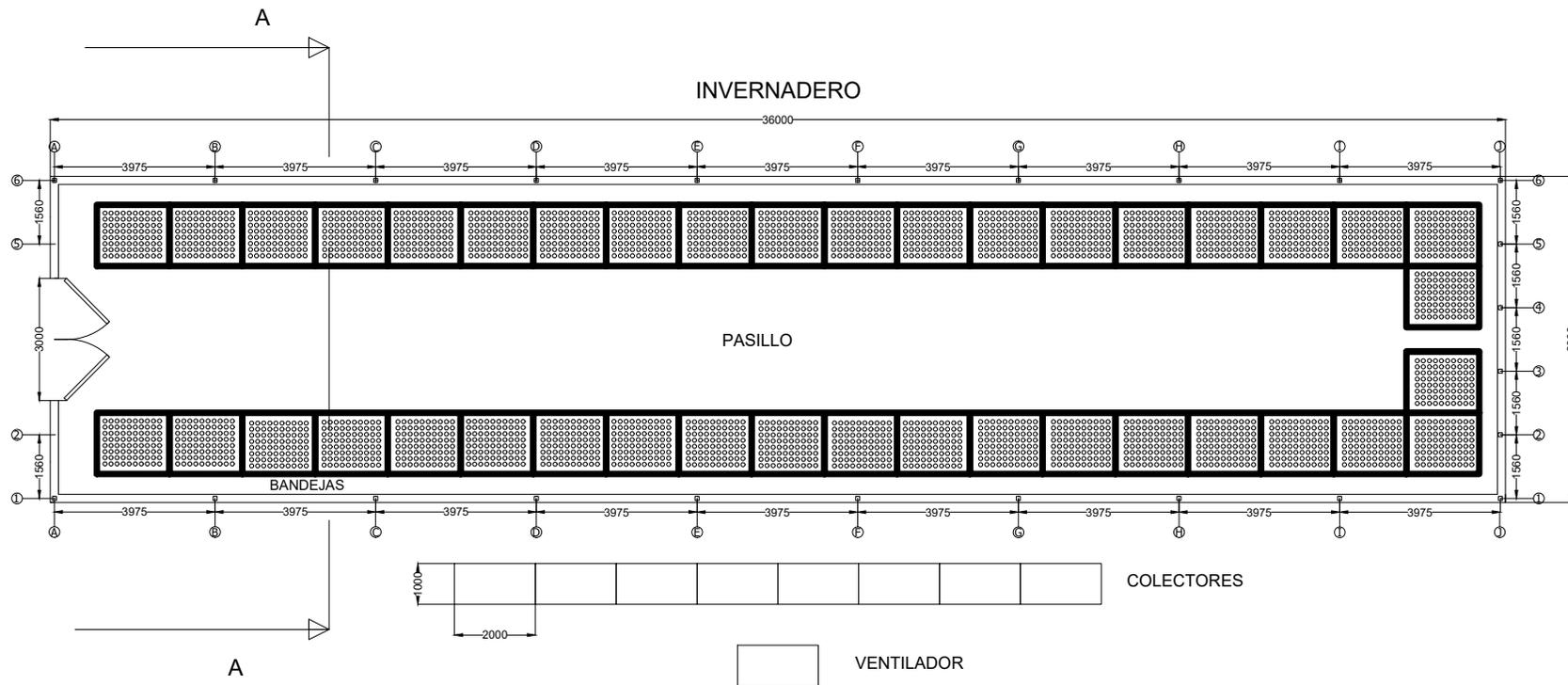
milímetros

Fecha:

17/08/2021



SECCIÓN A - A



espol

Autores:
Jefferson Carriel - Isabel Cordero

Título:
INVERNADERO PARA SECADO

Unidad:
milímetros

Fecha:
17/08/2021