

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Análisis y diseño de un sistema mejorado de transporte de café
verde en planta productora de café soluble”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Javier Félix Bedoya Sánchez

Johsac Isbac Gómez Sánchez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Agradezco a mi madre y mi abuela, que han sido el pilar fundamental en mi vida y el motivo para seguir progresando día a día, a mis hermanos y familia que me han apoyado en todo momento, y a mis amigos con los que he compartido grandes momentos a lo largo de mi carrera universitaria.

Javier Félix Bedoya Sánchez

DEDICATORIA

Dedico mi agradecimiento principalmente a Dios, por haberme permitido llegar tan lejos en este camino tan importante de mi formación profesional. Agradezco a mi fallecida madre María y mi hermano Darwin, por su apoyo y sacrificio incondicional, para sobrellevar este arduo camino universitario. Por último, agradezco a mis amigos y personas importantes para mí, como: Adonis, Jose, Emily, Alejandra y Madeleine; por apoyarme, acompañarme y brindarme, con sus deseos y apoyos en los mejores y peores momentos de mi carrera profesional.

Johsac Isbac Gómez Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la ESPOL, por habernos permitido formarnos en ella, y agradecemos a todas las personas que han sido participes de este proceso. Y también agradecemos a nuestro tutor el Ing. Ernesto Martínez por su dirección y colaboración en este proyecto.

DECLARACION EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Javier Félix Bedoya Sánchez y Johsac Isbac Gómez Sánchez damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Javier Bedoya Sanchez

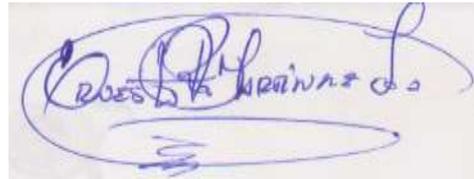


Johsac Gomez Sanchez

EVALUADORES



Ing. Jorge Marcial H.
PROFESOR DE LA MATERIA



Ing. Ernesto Martínez L.
TUTOR DE LA MATERIA

RESUMEN

La demanda de café soluble en el mercado es muy alta, la población que consume se ha duplicado en las últimas dos décadas, por lo que es necesario aumentar la producción del mismo. La problemática parte, de no constar con la suficiente capacidad de café verde limpio almacenado para su producción. Para lo cual, se necesita diseñar un nuevo sistema de transporte de mayor capacidad y eficiencia que reemplace el sistema actual. El proyecto tiene como finalidad diseñar y seleccionar los equipos y componentes de un Sistema de Transporte y Limpieza de café verde, el sistema debe ser de operación sencilla, y ser capaz de operar para una capacidad de 10.06 toneladas por hora. Constará de cuatro subsistemas, alimentación, transporte, limpieza, y pesado.

Para el subsistema de alimentación, se diseñó y analizó una tolva de 750 toneladas, para la cual se empleó la norma UNE EN 1991-4 y el software de elementos finitos ANSYS. La estructura soporte de la tolva se diseñó por el método de factores de resistencia y carga (LRFD) de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC), además se realizó un análisis en ANSYS donde se obtuvo un factor de seguridad de fatiga mayor a 1.8, con lo que se asegura que los elementos de la estructura no representan fallas por cargas fluctuantes.

Los equipos principales del subsistema de transporte son: tornillos sinfines helicoidales y elevadores de Cangilones, los que se dimensionaron y seleccionaron empleando la norma CEMA (Screw Conveyors) y CEMA (Bucket conveyors).

En cuanto a los elementos del subsistema de limpieza y pesado, tales como; la pre-limpiadora, despedradora, y balanza se seleccionaron del manual de un fabricante internacional, y para los desempolvadores (ciclones) del mismo subsistema, se dimensionó y se realizó el análisis CFD en ANSYS, con el cuál se corroboraron las limitaciones de sus dimensiones y de caída de presión para su diseño óptimo.

Por último, se realizó un análisis de costos, en donde se valoraron los costos de desmontaje del sistema antiguo, de la manufactura, la adquisición y el montaje en sitio de todos los equipos del nuevo sistema.

Palabras claves: Café verde, Desempolvadores, despedradora, pre-limpiadora.

ABSTRACT

The demand for soluble coffee in the market is very high, the population that consumes it has doubled in the last two decades, so it is necessary to increase its production. The problem starts from not having enough capacity of clean coffee green bean stored for its production. For which, it is necessary to design a new transport system with greater capacity and efficiency to replace the current system.

The purpose of the project is to design and select the equipment and components of a Coffee Green Bean Transportation and Cleaning System, the system must be simple to operate, and be capable of operating for a capacity of 10.06 tons per hour. It will consist of four subsystems, feeding, transport, cleaning, and heavy.

For the feeding subsystem, a 750 ton hopper was designed and analyzed, for which the UNE EN 1991-4 standard and the ANSYS finite element software were used. The support structure of the hopper was designed by the method of resistance and load factors (LRFD) of the Ecuadorian construction standard (NEC), in addition an analysis was carried out in ANSYS where a fatigue safety factor greater than 1.8 was obtained , which ensures that the elements of the structure do not represent failures due to fluctuating loads.

The main equipment of the transport subsystem are: helical augers and bucket elevators, which were dimensioned and selected using the CEMA (Screw Conveyors) and CEMA (Bucket conveyors) standards.

Regarding the elements of the cleaning and heavy subsystem, such as; The pre-cleaner, destoner, and scale were selected from the manual of an international manufacturer, and for the dedusters (cyclones) of the same subsystem, the CFD analysis was sized and performed in ANSYS, with which the limitations of their dimensions were corroborated. and pressure drop for optimal design.

Finally, a cost analysis was carried out, where the costs of dismantling the old system, manufacturing, acquisition and on-site assembly of all the equipment of the new system were assessed.

Keywords: *Coffee green bean, dedusters, destoner, pre-cleaner.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	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 Café verde	3
1.4.2 Recepción de materia prima	5
1.4.3 Sistema de alimentación.....	7
1.4.4 Sistema de transporte continuo	7
1.4.5 Sistema de limpieza.....	18
1.4.6 Sistema de pesado	22
CAPÍTULO 2.....	23
2. Metodología	23
2.1 Estado del problema.....	23

2.2	Análisis del problema	24
2.2.1	Caja negra	24
2.2.2	Caja transparente	25
2.2.3	Variable de entrada y salida.....	25
2.3	Requerimientos de diseño.....	26
2.4	Restricciones.....	26
2.5	Información técnica	26
2.6	Planteamiento de la alternativa de solución	27
2.6.1	Selección de mejor alternativa para el sistema de transporte y limpieza...27	
2.6.2	Comparación por pares	31
2.6.3	Selección de la solución	33
2.7	Diseño conceptual.....	34
2.8	Diseño detallado.....	35
2.8.1	Metodología de diseño.....	35
2.8.2	Sistema de Alimentación	36
2.8.3	Análisis y Diseño Estructural de Bastidores.....	49
2.8.4	Sistema de desplazamiento horizontal	51
2.8.5	Sistema de transporte vertical.....	66
2.8.6	Dimensiones del elevador.....	68
2.8.7	Análisis de fuerza.....	78
2.8.8	Selección de Sistema de Limpieza y de Pesado	89
CAPÍTULO 3.....		95
3.	Resultados.....	95
3.1	Análisis de Resultados	95
3.1.1	Sistema de Alimentación	95
3.1.2	Sistema de desplazamiento horizontal	98

3.1.3	Sistema de transporte vertical.....	102
3.1.4	Sistema de Limpieza.....	107
3.1.5	Sistema de Pesado.....	110
3.2	Análisis de Costos.....	110
CAPÍTULO 4.....		112
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.....	112
4.1	Conclusiones.....	112
4.2	Recomendaciones.....	112
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
ANSI	American National Standards Institute
AISC	American Institute Steel of Construction
DIN	Deutsche Industrie Normen
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
EN	European Norms
NEC	Norma Ecuatoriana de Construcción
LRFD	Diseño por Factores de Carga y Resistencia
HRC	Dureza Rockwell
HB	Dureza Brinell
UNE	Normas Españolas
UNE-ENV	Normas Experimentales
ANSYS	Swanson Analysis Systems

SIMBOLOGÍA

ρ	Densidad del material
ρ_c	Densidad corregida del material.
F_{ev}	factor de espacios vacíos
ϕ_w	Ángulo de fricción contra la pared
δ	Ángulo efectivo de fricción interna
α	Ángulo de reposo
δ	Ángulo efectivo de fricción interna
β	Ángulo de la tolva respecto a la vertical
μ	Coefficiente de fricción contra el acero
d_c	Ancho de parte superior de tolva
h_b	Altura total de tolva
h_c	Altura de parte superior de tolva
h_h	Altura de parte piramidal de tolva
d_e	Diámetro de descarga de tolva
P_{hf}	Presión horizontal en tolva en llenado
P_{wf}	Presión de fricción en tolva en llenado
P_{vf}	Presión vertical en tolva
P_n	Presión normal en parte inferior de tolva
P_t	Presión de fricción de parte inferior de tolva
P_{he}	Presión horizontal en vaciado de tolva
P_{we}	Presión de fricción en vaciado de tolva
P_{ne}	Presión normal en descarga de tolva
P_{te}	Presión de fricción en descarga de tolva
$e_{paredes}$	Espesor de paredes superiores de tolva
e_{fondo}	Espesor de paredes en fondo de tolva
D	Carga muerta en estructura
L	Cargas vivas en estructura
F_m	Factor de material
N	Velocidad radial
i	Coefficiente de disminución de flujo debido a inclinación

C_r	Coeficiente de relleno
S	Área de relleno
P	Paso del tornillo
C	Capacidad requerida
D	Deflexión al centro del claro en pulgadas
W	Peso Total del Helicoidal en libras
HP	Potencia requerida
HP_f	Potencia para mover el transportador vacío
HP_m	Potencia para mover el transportador con material
HP_i	Potencia para transportador inclinado
L	Longitud
F_f	Factor de helicoidal
F_m	Factor de material
F_o	Factor de sobrecarga
V_o	Velocidad lineal
R'	Radio de eje del cabezal al centroide del cangilón
V	Velocidad de la banda
ω	Velocidad angular del eje del cabezal
p	Paso entre cangilón
P_m	Potencia mecánica
P_t	Potencia total
P_i	Potencia inercial
W_t	Peso total a la subida (cálculo de elevador)
F_1	Fuerza de tensión de la banda templada
F_2	Fuerza de tensión de la banda floja
M_{max}	Momento máximo
k_t	Concentrador de esfuerzo por flexión
k_{fs}	Concentrador de esfuerzo por torsión
k_{fsm}	Concentrador de esfuerzo por fatiga por torsión
C_{carga}	Factor de corrección por carga
$C_{tamaño}$	Factor de corrección por tamaño

C_{superf}	Factor de corrección por superficie
C_{temper}	Factor de corrección por temperatura
C_{confia}	Factor de corrección por confiabilidad
S_{ut}	Resistencia ultima a la tensión
S_e	Resistencia a la fatiga
S_0	Factor de seguridad estático
L_{10}	Vida nominal con 90% de confiabilidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Demanda del café verde	4
Figura 1.2 Producción en miles Toneladas en países exportadores de café verde.....	4
Figura 1.3 Diagrama de flujo recepción de materia prima	5
Figura 1.4 Defectos de café verde.....	6
Figura 1.5 Pirámide truncada	7
Figura 1.6 Funcionamiento de transporte de tornillo sinfín	9
Figura 1.7 Elementos de transportador de tornillo sinfín	10
Figura 1.8 Tornillo mano izquierda y mano derecha.....	11
Figura 1.9 Dirección del flujo del material.....	11
Figura 1.10 Parte del elevador cangilón	13
Figura 1.11 Parte externa de elevador	15
Figura 1.12 Ima izq. banda de cable de acero; Ima der. Banda de polyester.....	16
Figura 1.13 Tipos de Elevadores de Cangilones según su descarga.....	18
Figura 1.14 Tipo de pre limpiadora.....	19
Figura 1.15 Despedradora.....	20
Figura 1.16 Funcionamiento de Ciclón	21
Figura 1.17 Ciclón	21
Figura 1.18 Balanza Batcheadora	22
Figura 2.1 Metodología para el diseño	23
Figura 2.2 Árbol de objetivo.....	24
Figura 2.3 Caja negra.....	24
Figura 2.4 Caja transparente	25
Figura 2.5 Diagrama de proceso del sistema actual.....	28
Figura 2.6 Diagrama de proceso de alternativa A	29
Figura 2.7 Diagrama de proceso de alternativa B	30
Figura 2.8 Diagrama de proceso de alternativa C	30
Figura 2.9 Diseño conceptual del sistema de transporte y limpieza	34
Figura 2.10 Vista superior de diseño conceptual de planta	35
Figura 2.11 Metodología del diseño detallado.....	36
Figura 2.12 Tipos de descargas. Flujo másico, Flujo embudo, Flujo expandido	38
Figura 2.13 Selección de tipo de flujo en tolva rectangular.	39

Figura 2.14 Geometría de tolva piramidal cuadrada.....	40
Figura 2.15 Forma de Silos, Dimensiones y Notación de Presiones.	41
Figura 2.16 Factor de flujo para tolvas rectangulares.....	42
Figura 2.17 Tratamiento cohesivo.	42
Figura 2.18 Presión de llenado en paredes verticales.....	46
Figura 2.19 Presión de llenado en fondo de tolva.	46
Figura 2.20 Distribución de esfuerzos en tolvas.....	47
Figura 2.21 Elementos usados para miembros en compresión.....	50
Figura 2.22 Transportador helicoidal horizontal tipo 1.....	52
Figura 2.23 Transportador helicoidal inclinado.....	52
Figura 2.24 Componentes del Transportador Sinfín Helicoidal.	55
Figura 2.25 Tubo de cédula 40.....	56
Figura 2.26 Artesa tipo U con Ceja de Ángulo.....	56
Figura 2.27 Tapa de Artesa tipo exterior con pie.....	57
Figura 2.28 Brida para Artesa de 8 tornillos.	57
Figura 2.29 Pie de Brida.....	58
Figura 2.30 Cubierta Formada de Artesa.	58
Figura 2.31 Entrada Formada.....	59
Figura 2.32 Descarga Estándar.....	59
Figura 2.33 Brida para Alimentación y Descarga.	60
Figura 2.34 Colgante estilo 226.....	61
Figura 2.35 Rodamiento de bolas en tapas.....	61
Figura 2.36 Sello de caja con estopa para eje.....	62
Figura 2.37 Eje para acoplamiento estándar.	62
Figura 2.38 Eje motriz #1.....	63
Figura 2.39 Eje terminal usado con sello de caja con estopa.....	63
Figura 2.40 Dimensiones de elevador cangilón.....	69
Figura 2.41 Elevador cangilón en la planta.....	70
Figura 2.42 Descarga del material.....	71
Figura 2.43 Cangilón dimensión.....	72
Figura 2.44 Banda del elevador.....	73
Figura 2.45 Perforación en cangilón.....	75
Figura 2.46 Ima Izq. Motorreductor MVS; Ima Der. Dimensiones motorreductor	78

Figura 2.47 Rozamiento polea y correa.....	79
Figura 2.48 DCL de la eje y tambor.....	80
Figura 2.49 Diagrama de fuerza cortante.....	81
Figura 2.50 Diagrama de momento flector.....	81
Figura 2.51 Carga de flexión invertida en el tiempo.....	82
Figura 2.52 Carga de torsión constante en el tiempo.....	83
Figura 2.53 Acople Sit lock autocentrado.....	85
Figura 2.54 Vista frontal del eje y tambor.....	86
Figura 2.55 Imagen Izq. Rodamiento 6009; Imagen Der. Chumacera SY45 TF.....	88
Figura 2.56 Acople mecánico de eje.....	88
Figura 2.57 Vista frontal de la planta.....	89
Figura 2.58 Pre limpiadora PRELI-1.....	90
Figura 2.59 Despedradora Flutuar CPFBNR-4A.....	91
Figura 2.60 Ciclón tipo Stairmand.....	93
Figura 2.61 Balanza Batcheadora.....	94
Figura 3.1 Dimensiones de tolva de alimentación.....	95
Figura 3.2 Presiones de llenado tolva de alimentación.....	96
Figura 3.3 Presiones de descarga tolva de alimentación.....	96
Figura 3.4 Esfuerzo Equivalente de Von-Mises de la Tolva.....	97
Figura 3.5 Deformación Total de la Tolva y Soporte.....	98
Figura 3.6 Deformación Factor de Seguridad Estático de la Tolva y Soporte.....	98
Figura 3.7 Ima Izq. Motorreductor Coaxial; Ima Der. Dimensiones Motorreductor.....	101
Figura 3.8 Análisis de Temperatura del Ciclón en ANSYS.....	109
Figura 3.9 Análisis de Velocidades del Ciclón en ANSYS.....	109
Figura E.1 Factor de Sobrecarga.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables de entrada.....	25
Tabla 2.2 Variables de salida	26
Tabla 2.3 Criterios y códigos	32
Tabla 2.4 Comparación por pares	32
Tabla 2.5 Ponderación de criterios	32
Tabla 2.6 Matriz de decisión de la mejor alternativa.....	33
Tabla 2.7 Matriz de decisión costo de la mejor alternativa	34
Tabla 2.8 Características del material	39
Tabla 2.9 Tipo de flujo de tolva.....	40
Tabla 2.10 Propiedades para cálculos de esfuerzos	44
Tabla 2.11 Carga de Equipos.....	49
Tabla 2.12 Factores conocidos.....	51
Tabla 2.13 Característica del material.	51
Tabla 2.14 Capacidad para Transportador Helicoidal	53
Tabla 2.15 Consideraciones para Transportador Helicoidal inclinado.....	53
Tabla 2.16 Grupo de Componentes 1	55
Tabla 2.17 Matriz de decisión para tipo de arreglo de transmisión.....	65
Tabla 2.18 Tabla de materiales	66
Tabla 2.19 Elevador cangilón elevación de banda serie 100	67
Tabla 2.20 Dimensiones del elevador cangilón serie 100	68
Tabla 2.21 Dimensiones del elevador cangilón serie 100	68
Tabla 2.22 Dimensión de la altura primer y tercer cangilón.....	71
Tabla 2.23 Dimensión cangilón	72
Tabla 2.24 Perforación de Cangilón (Banda).....	74
Tabla 2.25 Tornillo de Cangilón (Banda)	75
Tabla 2.26 Selección de alternativa en sistema de reducción	77
Tabla 2.27 Motorreductor MVS.....	77
Tabla 2.28 Dimensiones motorreductor.....	78
Tabla 2.29 Matriz de decisión de pre limpiadora.	90
Tabla 2.30 Matriz de decisión de pre limpiadora.	91
Tabla 2.31 Parámetros para dimensionamiento de ciclones.	92

Tabla 2.32 Matriz de decisión de Balanza Batcheadora.....	93
Tabla 3.1 Resumen de grupo de componentes de transportador helicoidal 1.....	99
Tabla 3.2 Resumen de grupo de componentes de transportador helicoidal 2.....	100
Tabla 3.3 Motorreductor Coaxial PH de Transportador Helicoidal 1.....	100
Tabla 3.4 Motorreductor Coaxial PH Transportador Helicoidal 2.....	101
Tabla 3.5 Dimensiones Motorreductores PH.....	101
Tabla 3.6 Descripción de lugar de descarga del elevador.....	102
Tabla 3.7 Elevador de cangilón, elevación de banda serie 100.....	103
Tabla 3.8 Dimensiones del elevador de cangilón serie 100	103
Tabla 3.9 Dimensiones del elevador de cangilón serie 100	103
Tabla 3.10 Dimensión cangilón	104
Tabla 3.11 Perforación de Cangilón (Banda).....	104
Tabla 3.12 Posición de descarga de cada elevador	104
Tabla 3.13 Potencia requerida de cada elevador	105
Tabla 3.14 Motorreductor MVS.....	105
Tabla 3.15 Diámetro mínimo del eje de cada elevador	106
Tabla 3.16 Selección de rodamiento y chumacera.....	106
Tabla 3.17 Pérdidas de cargas en tuberías.....	107
Tabla 3.18 Dimensiones de Ciclón	108
Tabla 3.19 Parámetros criterios y limitaciones para dimensionamiento de ciclón	108
Tabla 3.20 Tabla de costos de fabricación, adquisición, desmontaje y montaje.	110
Tabla A.1 Propiedades de Materiales.....	118
Tabla B.1 Características de Materiales.....	119
Tabla B.2 Propiedades de Materiales.....	120
Tabla C.1 Momentos de Inercia Tubo cédula 40	121
Tabla C.2 Peso Promedio de Helicoidal	121
Tabla D.1 Helicoidales Seccionales Paso Estándar	123
Tabla D.2 Tamaños de Tubos, Dimensiones y Peso.....	124
Tabla D.3 Artesas Para Transportador	124
Tabla D.4 Tapas de Artesa tipo exterior con pie.....	124
Tabla D.5 Bridas para artesa tipo U	125
Tabla D.6 Bridas para conexiones en artesa tipo U	126
Tabla D.7 Pie de Brida	126

Tabla D.8 Especificaciones de tipo de descargas	127
Tabla D.9 Especificaciones de Cubiertas de Artesa	128
Tabla D.10 Especificaciones de tipo de entradas.....	128
Tabla D.11 Especificaciones de tipo de bridas en entradas y descargas	129
Tabla D.12 Especificaciones de tipo de colgante 226	130
Tabla D.13 Especificaciones de tipo de Rodamientos de bolas	130
Tabla D.14 Especificaciones de Sello de caja con estopa	131
Tabla D.15 Especificaciones de Ejes de Acoplamiento.....	131
Tabla D.16 Especificaciones de Ejes Motrices de rodamiento de bolas.....	132
Tabla D.17 Especificaciones de Cuña para ejes motrices.....	132
Tabla D.18 Especificaciones de Eje Terminal de rodamiento de bolas	133
Tabla E.1 Cargas de Artesa	134
Tabla E.2 Factor de diámetro del transportador	134
Tabla E.3 Factor del Buje para Colgante.....	135
Tabla E.4 Factor del Helicoidal.....	135
Tabla E.5 Capacidad Torsional de los Componentes.....	137
Tabla F.1 Dimensiones de Prelimpiadora Preli-1	138
Tabla F.2 Especificaciones de Prelimpiadora Preli-1	138
Tabla F.3 Dimensiones de Despedradora Flutuar CPFBNR-4	139
Tabla F.4 Especificaciones de Despedradora Flutuar CPFBNR-4	139
Tabla F.5 Dimensiones de Ciclón tipo Stairmand.....	140
Tabla F.6 Dimensiones de Balanza Smartflux.....	141
Tabla F.7 Especificaciones de Balanza Smartflux.....	141
Tabla F.8 Especificaciones de válvula rotativa RVS 10.....	142
Tabla F.9 Dimensiones de válvula rotativa RVS 10.....	142
Tabla F.10 Dimensiones de brida de válvula rotativa RVS 10.....	142
Tabla G.1 Clasificación del material	143
Tabla G.2 Elevador de Banda Serie 100	143
Tabla G.3 Dimensiones Serie 100.....	144
Tabla G.4 Cangilón estilo AA.....	144
Tabla G.5 Perforación en cangilón	144
Tabla G.6 Selección de motorreductor	145
Tabla G.7 Dimensiones de motorreductor	145

Tabla G.8 Sensibilidad de la muesca	146
Tabla G.9 Factor de confiabilidad	146
Tabla G.10 Factor de superficie para diferente superficie	147
Tabla G.11 Selección de rodamiento	147
Tabla G.12 Selección de chumacera.....	148
Tabla G.13 Selección de acoplamiento	148
Tabla H.1 Sueldo Mecánico.....	149
Tabla H.2 Sueldo Eléctrico	149
Tabla H.3 Hora Hombre Soldador	150
Tabla H.4 Hora Hombre Supervisor	150
Tabla H.5 Sueldo Asistente	151
Tabla H.6 Equipamiento de Grupo	152
Tabla H.7 Costo Hora Hombre	153
Tabla H.8 Costo Hora Hombre Promedio de Grupo de Desmontaje y Montaje.....	154
Tabla H.9 Costo Hora Hombre Promedio de Grupo de Taller	154

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Sistema De Transporte Y Limpieza
PLANO 2	Elevador Cangilón
PLANO 3	Elevador Cangilón – Cabeza De Elevador
PLANO 4	Elevador Cangilón – Bota De Elevador
PLANO 5	Elevador Cangilón – Banda Con Cangilón 1
PLANO 6	Elevador Cangilón – Banda Con Cangilón 2 Y 3
PLANO 7	Elevador Cangilón – Banda Con Cangilón 4
PLANO 8	Tolva
PLANO 9	Transportador Helicoidal 1
PLANO 10	Transportador Helicoidal 1 - Tornillo
PLANO 11	Transportador Helicoidal 1 – Artesa Y Soporte
PLANO 12	Transportador Helicoidal 1 – Tapa De Artesa
PLANO 13	Transportador Helicoidal 1 – Colgante Y Descarga
PLANO 14	Transportador Helicoidal 2
PLANO 15	Transportador Helicoidal 2 – Tornillo
PLANO 16	Transportador Helicoidal 2 – Artesa Y Soporte
PLANO 17	Transportador Helicoidal 2 – Tapa De Artesa Y Descarga
PLANO 18	Ciclón

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Más de 25 millones de personas que viven en los trópicos dependen del café como medio de subsistencia. Este cultivo es el soporte económico de muchos países y el segundo producto más comercializado del mercado mundial, después del petróleo. El café es uno de los productos primarios más valiosos, solo siendo superado únicamente por el petróleo como fuente de divisas para los países en desarrollo. (La guía del café, 2011)

El café soluble comprende el café en polvo secado mediante rociadoras, el café en polvo liofilizado y las formas licuadas de café como los concentrados líquidos. Todos estos métodos de elaboración comprenden la deshidratación e infusión, después de tostarlo y molerlo. (Delgado A, Larco, & et al, 2002)

El consumo actualmente está aumentando de manera significativa luego de estar varios años en estancamiento habiéndose expandido de 21.4 millones de sacos (equivalencia a café verde EGV) en 1999, a 59.9 millones de sacos en el 2019. (Figuroa Hernández, Pérez-Soto, & Godínez-Montoya, 2010)

En la industria productora del café soluble el proceso productivo parte de la recepción de la materia prima (café verde), donde en esta etapa se realiza un primer control de calidad y una toma de muestra para asegurar que el café verde cumpla con las especificaciones previamente establecidas con el proveedor. Posteriormente se realiza la etapa de limpieza y transporte de la materia prima a los respectivos silos en donde se almacenará con un respectivo control de humedad y temperatura, para luego ser distribuido a las diferentes áreas de proceso para así obtener el café soluble que es el producto final.

El proceso de transporte y limpieza de café verde cumple un rol muy importante dentro del proceso productivo, por lo que se necesita tener un sistema eficiente y que sea capaz de transportar el volumen necesario de café verde que se requiere almacenar para su posterior producción en las diferentes áreas de proceso. El sistema de transporte continuo y limpieza consta de máquinas y equipos, tales como: transportadores de tornillo sin fin helicoidales, elevadores de Cangilones, zaranda, despedradora, válvulas rotativas, soplador, motores, entre otros. Los que son

seleccionados y diseñados en su momento para una capacidad de transporte y limpieza de café verde establecida. Sin embargo, en los últimos años con el incremento mundial de consumo de café soluble, las industrias hoy en día se encuentran en un constante desarrollo y crecimiento. Por lo tanto, para cumplir con las demandas actuales del mercado, se busca mejorar en cada área de procesos. El cual nos lleva a rediseñar, sistemas que aumenten la capacidad, mejoras de eficiencias, actualización en equipos, maquinarias y automatización de todos los procesos posibles.

1.1 Descripción del problema

Las industrias que llevan muchas décadas en el mercado, especialmente las industrias alimenticias con tendencia al crecimiento necesitan incrementar su producción a medida que incrementa su demanda. Además, sabemos que toda máquina inmersa en un sistema industrial tiene una vida útil que con el pasar del tiempo reduce su eficiencia inhabilitando su continuación en la operación. Sin embargo, en la mayoría de los casos al no darles de baja cuando se requiere, terminan perjudicando directamente con la eficiencia y la producción del sistema. Con el incremento de la población que consume café soluble, ya sea dentro o fuera del país, es necesario aumentar la producción del mismo, debido que la demanda del café en el mercado es muy alta. Por lo que se necesita incrementar la capacidad del café verde transportado para su almacenaje y el posterior proceso de obtención del producto final. Para lo cual, se necesita diseñar un nuevo sistema de transporte que reemplace el sistema actual, debido a que el sistema actual es antiguo y poco eficiente.

1.2 Justificación del problema

El consumo del café ha duplicado su tasa de crecimiento en las últimas décadas, provocando que las industrias productoras del café estén en constante incremento su producción. Por lo que se debe equilibrar la oferta a la demanda del mismo. Por ende, todos los diferentes sistemas y procesos desarrollados en la industria deben ser mejorados, actualizados o suplantados; para mejorar la calidad del producto, aumento de la producción y eficiencia del proceso.

El presente proyecto busca analizar y desarrollar el rediseño de un sistema de transporte del café verde que sea más eficiente y capaz de transportar 10 Ton/H de

café verde, sabiendo que el sistema actual transporta 3 Ton/H. El sistema de transporte a diseñar constará de transportadores continuos de desplazamiento horizontal y vertical, además de equipos complementarios al proceso que se ubicarán en la misma área en donde se encuentra el sistema actual. Este nuevo sistema es más eficiente que el actual e incrementa la capacidad del café limpio para almacenar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar, diseñar y seleccionar un sistema de transporte y limpieza de café verde que sea capaz de aumentar su capacidad de 3 Ton/h a 10 Ton/h, para aumentar la producción y mejorar la eficiencia en una industria de café soluble.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el sistema actual y su eficiencia.
- Diseño detallado del sistema de transporte de café verde con los componentes mecánicos del sistema.
- Selección de equipos y máquinas complementarias al sistema tales como: zaranda, despedradora, balanzas, válvulas rotativas, etc.
- Modelado 3D del sistema de transporte y análisis en ANSYS.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Café verde

El que el mercado mundial de extractos de granos de café verde creció a una tasa de crecimiento atractiva durante 2013-2018 ver Figura 1.1 La creciente demanda del grano de café verde entre diversas poblaciones del mundo es un factor clave que impulsa el mercado. (International Comunicaffe, 2018)

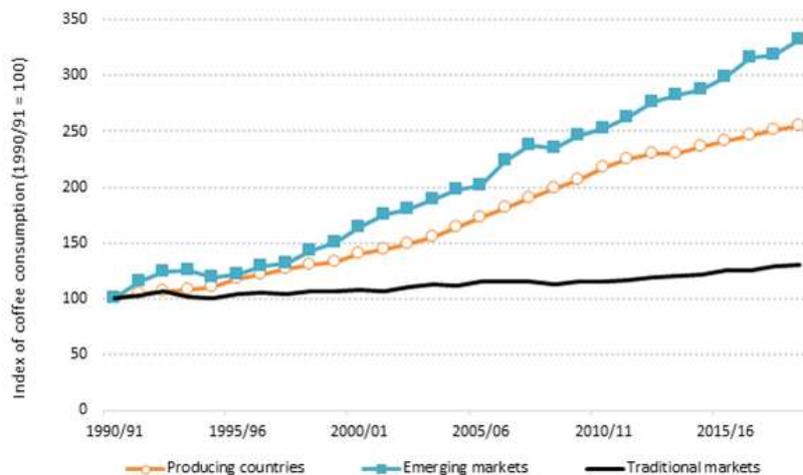


Figura 1.1 Demanda del café verde [icocoffeeorg,sf, 2016]

El café es uno de los principales productos básicos del mercado mundial, con más del ochenta por ciento (80%) de la producción comercializada internacionalmente. La demanda de este producto básico está muy concentrada por las principales empresas comerciales de café del mundo, que exigen ciertos estándares de calidad y regularidad de la oferta, ver Figura 1.2 Las exportaciones mundiales de café han tenido una tendencia al alza en el período 1980-2009, pasando de 3.677 mil toneladas en 1980 a 6.135 mil toneladas (t) en 2009. (Rizzuto, Liliana, & Maritza, 2014)

1980		1990		2009	
MUNDO	3.677	MUNDO	4844	MUNDO	6.135
1. Brasil	784	1. Brasil	853	1. Brasil	1.639
2. Colombia	660	2. Colombia	811	2. Vietnam	991
3. Indonesia	239	3. Indonesia	422	3. Indonesia	510
4. Costa de Marfil	206	4. Costa de Marfil	232	4. Colombia	458
5. México	158	5. Guatemala	200	5. Alemania	298
Σ5 países	2.047	Σ5 países	2.518	Σ5 países	3.896
Σ5/Mundo (%)	55.7	Σ5/Mundo (%)	52.0	Σ5/Mundo (%)	63.5

Figura 1.2 Producción en miles Toneladas en países exportadores de café verde. [FAOSTAT Database Results, 2012]

El consumo actualmente está aumentando de manera significativa luego de estar varios años en estancamiento habiéndose expandido de 21.4 millones de sacos (equivalencia a café verde EGV) en 1999, a 59.9 millones

de sacos en el 2019. (Figuroa Hernández, Pérez-Soto, & Godínez-Montoya, 2010)

1.4.2 Recepción de materia prima

Recepción de la materia prima cuando llega a la fábrica:

Llega materia prima: Llegan a la planta camiones llenos de sacos de café verde de entre 46Kg y 55Kg.

Control de calidad: Analistas de materia prima toman una muestra compuesta del café verde y realizan los diversos análisis con los cuales verifican las especificaciones establecidas con el proveedor.

Estibado y pesado: Se estiban los sacos de café en pallets de 1200x800 mm y se trasladan por medio de montacargas a la balanza para su pesado

Almacenaje: Los pallets con el café verde estibado y pesado son llevados a las bodegas de materia prima, en donde se apilan hasta su respectivo uso.

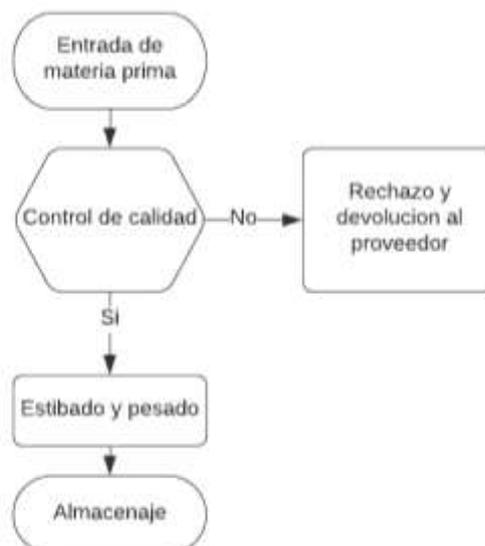


Figura 1.3 Diagrama de flujo recepción de materia prima
[Elaboración propia]

La recepción de café verde se programa con el proveedor cada dos meses y se recibe en sacos de yute de entre 46 y 60 kg, ver Figura 1.3 En esta etapa se realiza un control de calidad inicial y un muestreo para asegurar que la materia prima cumpla las especificaciones establecidas con el proveedor. Los parámetros a tener en cuenta son: humedad entre el 10% y el 12%, olor fresco, color verde azulado, tamaño de grano no debe variar más del 5% de las especificaciones estipuladas (análisis grano métrico) y defectos físicos mínimos. (García Karen, 2016)

La siguiente Figura 1.4 indica los tipos de defectos físicos:



Figura 1.4 Defectos de café verde [Cofenac, 2018]

1.4.3 Sistema de alimentación

Tolva receptora de café verde

La tolva es un dispositivo de forma cónica invertida o piramidal, que se caracteriza por ser ancha en la parte superior y estrecha en la parte inferior. Su finalidad es canalizar y depositar los materiales granulares o pulverizados de manera que el material pase poco a poco a otro lugar o recipiente con una boca más estrecha.

En este tipo de tolvas el volumen permite dar diferentes valores en sus laterales, ver Figura 1.5 y así obtener una tolva con forma diferente a la original (Villacís Mayra, 2012)

$$V = \frac{h}{6}(2AB + Ab + aB + 2ab) \quad (1.1)$$

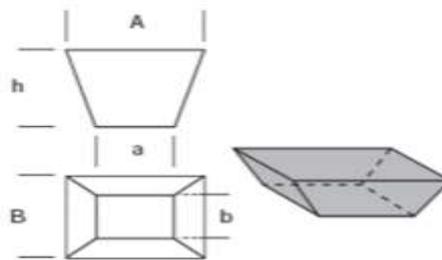


Figura 1.5 Pirámide truncada
[Villacís Mayra, 2012]

1.4.4 Sistema de transporte continuo

Sistema de transporte industrial en el que se utiliza equipo para desplazar materiales a través de una ruta determinada sin producir paradas para la carga y descarga del material transportado.

Si la carga es a granel, el transporte se realiza en forma de venas continuas con porciones separadas en contenedores colocados para acortar las distancias entre ellos. (Oriol Guerra José M & Aguilar Francisco, 1988)

Clasificación de maquinarias de transporte continuo.

Según de transmisión de la fuerza motriz a la carga:

- Mediante equipos mecánicos.
- Mediante fuerza gravitatoria.
- Mediante fuerza centrífuga.
- Mediante el aire.

Según el tipo de carga a transportar:

- Máquinas de transporte a granel.
- Máquinas de transporte de piezas.

Transportadores

Los transportadores están difundidos en todas las ramas de la industria, dentro de ellos se encuentran dos grandes grupos:

Con órgano de tracción flexible:

- Transportador de Banda.
- Transportador de tablillas.
- Transportador de Cangilones.

Con órgano de tracción rígido:

- Transportador de tornillo sin fin.
- Transportador vibratorio.
- Transportador oscilante.

Transportadores de tornillo sinfín

Los transportadores de tornillo sinfín son sistemas de manipulación que permiten manipular y mover en varias direcciones materiales que tienden a fluir como granos, pellets, polvos y algunos líquidos, ya que pueden trabajar en espacios mínimos de manera horizontal o inclinada con alta eficiencia.

La operación consiste en un tornillo (superficie helicoidal que rodea un cilindro), dentro de un tubo, la rotación del tornillo es por medio de un motor, que produce el desplazamiento del material.

El flujo del material desplazado depende de la velocidad del tornillo, de los diámetros interno y externo del tubo, del paso (distancia entre las hélices

del tornillo), de la inclinación, de la fricción del material con la superficie y del nivel de llenado del tornillo, ver Figura 1.6.

El material a transportar se deposita en el punto A (entrada) y avanza hasta el punto B (salida). Esto sucede debido a la acción del movimiento del tornillo, y el flujo de material es aproximadamente constante. (Oriol Guerra José M & Aguilar Francisco, 1988)

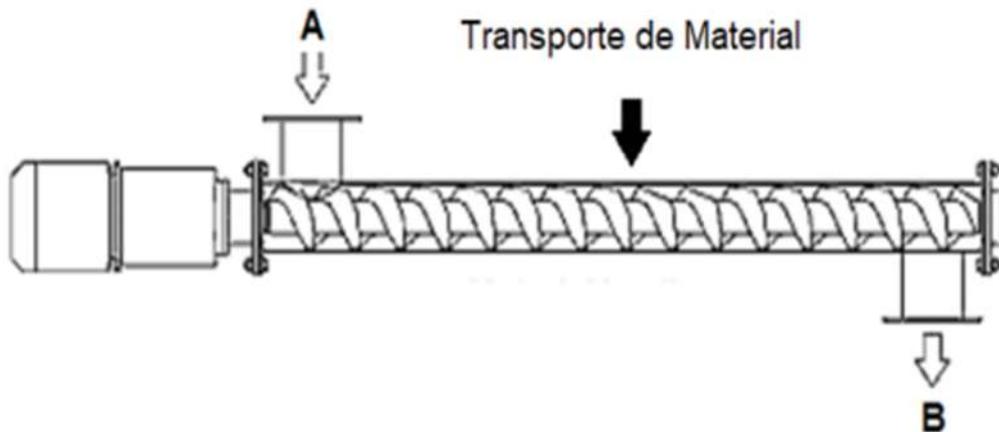


Figura 1.6 Funcionamiento de transporte de tornillo sinfín
[Manejo de Materiales, edición 2013]

Elementos que constituyen un transportador de tornillo sinfín

Grupo motriz o Accionamiento

La unidad motriz está formada por un motor reductor fijado sobre una bancada que se fija a la carcasa, de modo que el reductor se conecta al eje del tornillo sinfín con un acoplamiento. El motor reductor es el encargado de hacer girar el sinfín a la velocidad deseada. (Rodríguez Hermenegildo, s.f.)

La velocidad de rotación (n) depende de la clase de material transportado, entre otros factores. Dependiendo del tipo de material a mover, la velocidad de rotación del tornillo es:

- $n \approx 50rpm \rightarrow$ para materiales pesados.
- $n < 50rpm \rightarrow$ para materiales ligeros.

Además, la velocidad de giro de un transportador de tornillo sinfín es inversamente proporcional a:

- El peso del material a transportar.
- El grado de abrasividad del material transportado.
- El diámetro del tornillo.

Carcasa

Está formado por paredes de metal que cierran y envuelven el tornillo, su función es contener el material dentro de la máquina separándolo del entorno exterior.

Los elementos que forman parte de la carcasa son el canalón, que es el canal en forma de U, y las tapas, que generalmente están hechas de segmentos planos apoyados en el borde del canal, ver Figura 1.7. La carcasa suele estar hecha de chapa de acero al carbono de 3 a 6 mm de espesor, para productos alimenticios o material altamente abrasivo las paredes de la carcasa son de acero inoxidable.

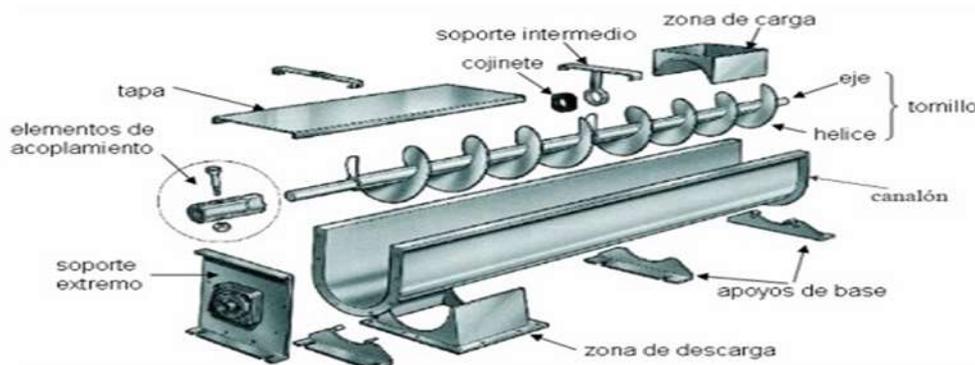


Figura 1.7 Elementos de transportador de tornillo sinfín
[Manejo de Materiales, edición 2013]

Tornillo

Es el órgano principal del transportador, su función es mover el material a lo largo del canal o tubo. En los transportadores de tornillo en serie, los tornillos se fabrican con secciones independientes con una longitud convencional de hasta 3 metros, ver Figura 1.8.

Es importante tener en cuenta la configuración del tornillo o la mano del mismo, ya que ésta en unión con el sentido de rotación del tornillo impulsado por el motor, determina en qué dirección se mueve el material a

transportar, ver Figura 1.9. La configuración puede ser a la derecha o a la izquierda y el sentido de rotación del motor es a la derecha o a la izquierda. (CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019)

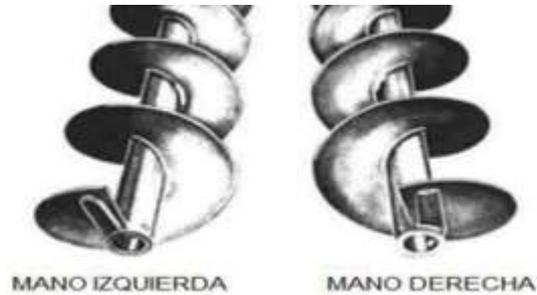


Figura 1.8 Tornillo mano izquierda y mano derecha
[Manejo de Materiales, edición 2013]

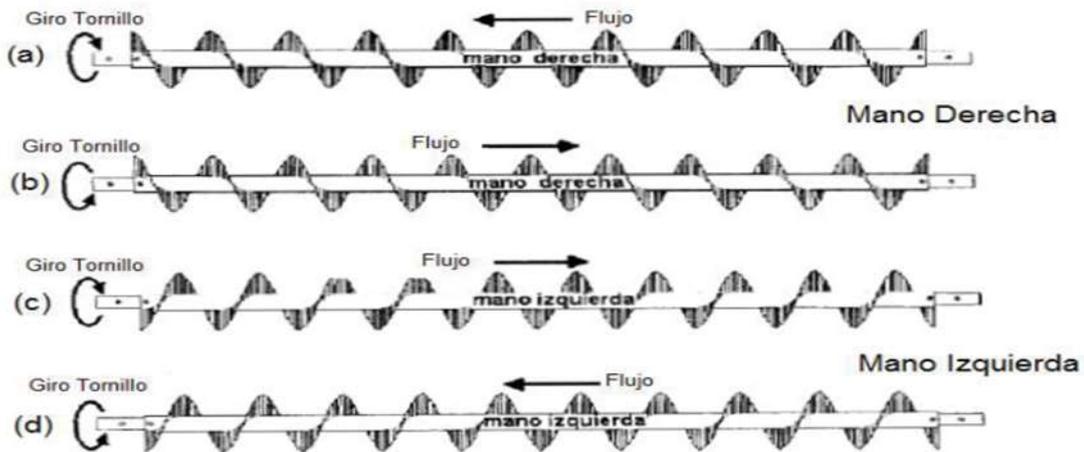


Figura 1.9 Dirección del flujo del material
[Manejo de Materiales, edición 2013]

El tornillo está formado por la hélice y el eje. La hélice está montada en el eje de transporte del tornillo, para transportar materiales y productos normales, normalmente se fabrica en chapa de acero al carbono de 2 a 4 mm de espesor con un diámetro menor que el de la carcasa, para evitar que se raye al girar el eje del tornillo. Existen varios tipos de tornillo, su selección varía en relación con el material a transportar y su función.

El eje está entrelazado con la unidad de accionamiento en un extremo. La excesiva desviación del eje se evita teniendo soportes intermedios en serie donde el eje se apoya. Se utilizan rodamientos en cada uno de los soportes para reducir la fricción del eje en los alojamientos. Hay que tener cuidado en el diseño de estos puntos de apoyo, ya que producen zonas de rotura en la hélice y pueden a su vez generar atascos del material desplazado. (Rodríguez Hermenegildo, s.f.)

Tipos de transportadores de tornillo sinfín según tipo o forma del helicoides.

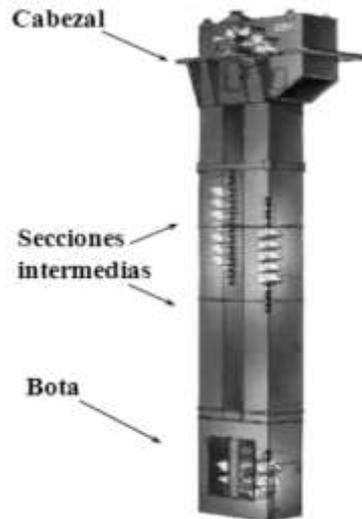
- Transportadores de espiras estándares.
- Transportadores de espiras recortadas.

Tipos de transportadores sinfín según el paso.

- Transportadores de paso estándar.
- Transportadores de paso corto.
- Transportadores de paso largo.
- Transportadores de paso variable.

Elevadores de cangilones

Los elevadores de Cangilones son máquinas utilizadas para transportar materiales granulares, ver Figura 1.10. Estos materiales están compuestos por granos o partículas independientes, cuyo comportamiento global se define por las interacciones de contacto como, por ejemplo: la arena, arroz, sal, granos de café, azúcar. (Pérez-Aparicio, Bravo, & Gómez-Hernández, 2014)



**Figura 1.10 Parte del elevador cangilón
[Manual Rexnord corporation, edición 2001]**

Los elevadores de cangilones se componen típicamente de carcasas verticales de acero, aluminio o madera divididas en tres secciones: una sección de arranque, a veces situada debajo alrededor de un pozo de arranque, en la que se monta un arranque tirado; una carcasa del elevador de cangilones, que se extiende hacia arriba desde la sección del maletero; y una sección de descarga, en la parte superior del elevador, en la cual se monta una polea de cabeza. Una correa flexible se extiende a través de la carcasa del elevador de cangilones y se arrastra alrededor de las dos poleas. En la superficie exterior de la correa hay cangilones que levantan materiales a granel granulados, por ejemplo, grano, desde una entrada cerca de la polea del maletero hasta una salida de descarga cerca de la polea del cabezal, donde se deposita en una instalación de almacenamiento adecuada o dispositivo para llevar. (USA Patente nº US4799584A, 1989)

Los elementos que complementan el ascensor son:

- Cabezal motriz con carenado de descarga.
- Cabezal tensor con tolva de carga.
- Pantalón visor.
- Pantalones típicos.
- Banda transportadora.

- Poleas.
- Cangilones.
- Compuertas laterales para mantenimiento de la banda, limpieza y reemplazo de Cangilones.

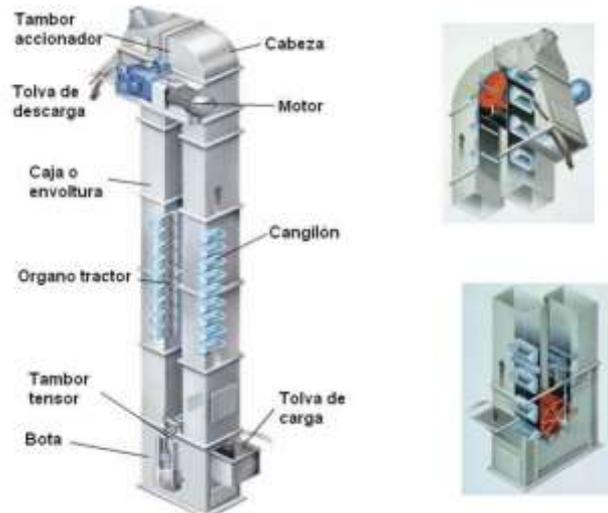
Están diseñados con amplias opciones de altura, velocidad y detalles La construcción de la máquina depende del tipo de material a transportar. Se ensamblan en módulos para permitir una definición más eficiente de la altura útil requerida.

Tipos de elevadores cangilones

Los elevadores de cangilón están diseñados específicamente para aplicaciones que requieran manipulación de materiales a granel como los que se encuentran en la industria del cemento, la química, el carbón, entre otras. Las variables inherentes del material que se eleva y los requisitos de elevación determinan el tipo de elevador a utilizar, puede ser de cadena o de banda, para utilizarse en una aplicación determinada. Este equipo cumple y supera las exigentes condiciones de manipulación de materiales a grandes elevaciones y capacidades en gran escala. Los elevadores impulsados por cadenas proporcionan elevaciones de más de 70 metros y los impulsados por bandas proporcionan elevaciones de más de 100 metros. (Hernández Torres, 2010). Con estos elevadores se pueden alcanzar capacidades superiores a las 1.000 toneladas métricas por hora.

Se toman varios factores a analizar para ver el tipo elevador a utilizar, ver Figura 1.11:

- Forma y Granulometría.
- Altura de descarga.
- Temperatura de la partícula.
- Tamaño de la partícula.
- Fluidez, polvo, viscoso o material pegajoso.
- Densidad del material.



**Figura 1.11 Parte externa de elevador
[Álvarez Calda Carolina, 2017]**

Elevador de cadena

Los elevadores de cadena son para aplicaciones de manipulación continua de materiales porque han sido diseñados y operados con cadenas, de manera que se pueda lograr una vida útil de desgaste predecible y medible para la cadena del elevador. El desgaste de la cadena se determina a través de un simple proceso de medición de la elongación de la cadena que muestra los límites del desgaste durante la vida útil de la misma.

El diseño de la cadena toma en consideración:

- Operar de manera confiable en condiciones perpetua las 24 horas del día, los 365 días del año.
- Combinar la velocidad de la cadena, al diseño de los cangilones para descargar, a alta velocidad (descarga centrífuga) o a baja velocidad (descarga por gravedad), donde dependerá del tipo de elevador y las características del equipo.
- Elevar los materiales a velocidades de la cadena de 1,3 a 2,0 metros por segundo.
- Manejar materiales de flujo libre tanto fino o gravoso de 50 milímetros

Elevadores de banda

Los elevadores de cangilón de banda son diseñados para el transporte de materiales de grano fino. Pueden transportar materiales con una dureza superior a 60HRC como el vidrio o la alúmina. (FB FORJA BOLIVAR , 2020)

- Menor consumo de energía en comparación con los sistemas de transporte neumático.
- Menores costes de mantenimiento.
- Alturas superiores a los 100m
- Capacidad de transporte de más de 1500m³/h
- Operación continua con bajo requerimiento de mantenimiento.
- Soportan temperaturas de operación hasta 130°C.
- Banda de alta resistencia a la tracción.

Hay dos tipos de banda, ver Figura 1.12:

- Cinta de cable de acero
- Banda de poliéster

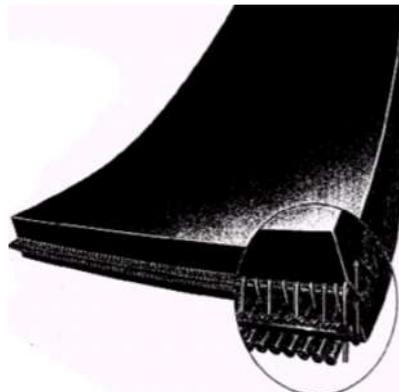


Figura 1.12 Ima izq. banda de cable de acero; Ima der. Banda de polyester.
[Manual Aumund, edición 2001]

Según el tipo de descarga

Centrifuga:

- Es el tipo más utilizado.
- Grandes velocidades de desplazamiento (1. 2 y 1. 4 m/s).
- La carga se efectúa generalmente por dragado del material depositado en la parte inferior del transportado.
- La distancia de separación entre cangilones es de dos a tres veces la altura del cangilón.

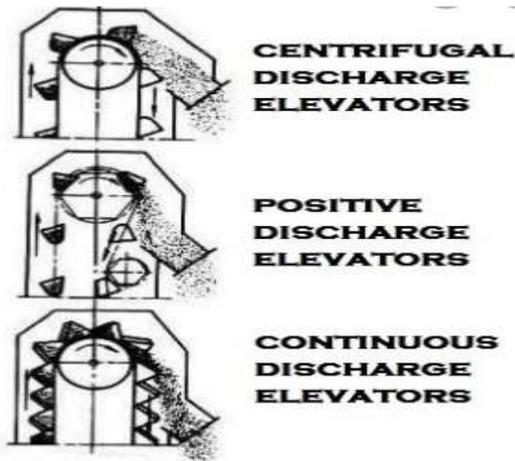
Gravedad o continúa:

Trabajan para baja velocidades de desplazamiento (0. 5 y 1.0 m/s), se aprovecha al propio peso del material para la descarga del mismo y se clasifican:

- Por gravedad libre: Es necesario desviar el ramal libre del elevador mediante estrangulamiento o inclinar el propio elevador.
- Por gravedad dirigida: Los cangilones se colocan continuamente sin separación entre ellos. El material se descarga por efecto de la gravedad utilizando la parte inferior del cubo precedente como tolva de descarga. La carga se realiza directamente desde la tolva de alimentación.

Positiva:

El elevador es similar al de tipo centrífugo, excepto que los cangilones están montados en los extremos por dos cadenas (Davila Alex, 2011). La velocidad de los Cangilones es lenta y adecuada para materiales ligeros, aireados y pegajosos. (pkmachinery, 2014)



**Figura 1.13 Tipos de Elevadores de Cangilones según su descarga
[Manual Pk Machinery]**

1.4.5 Sistema de limpieza

Pre Limpiadora

Es una máquina limpiadora de pantallas de aire, su función como su nombre lo indica es la pre-limpieza de trigo, café, cebada, maíz, colza y otros tipos de semillas y granos alcanzando una preparación adecuada para el almacenamiento del producto. La ventaja especial es la limpieza efectiva de lotes de granos muy sucios mediante el uso de una gran superficie de criba superior combinada con el sistema especial de limpieza de la criba. (PETKUS Technologie GmbH)

El pre limpiador es de suma importancia en el proceso de limpieza de las industrias que procesan semillas, granos y café.

Tienen una estructura totalmente mecánica y robusta, se adaptan a la limpieza de cualquier grano mediante un simple cambio de cribas. Tienen un alto rendimiento en relación con el espacio utilizado y son fáciles de operar. Su movimiento es uniforme, garantizando un excelente trabajo de limpieza y/o separación y no transmite vibraciones al piso o losa donde se instala.

La capacidad de limpieza de las máquinas de pre-limpieza se mide a la entrada de la máquina donde se considera el peso específico, el porcentaje

de humedad y el porcentaje de impurezas del producto a limpiar, ver Figura 1.14. (Pinhalense, sf)



**Figura 1.14 Tipo de pre limpiadora
[Manual Pinhalense]**

Despedradora

Es una solución efectiva para limpiar los granos de comida, quitando piedras, bolas de barro, trozos de metal, etc. Es de diseño compacto y fuerte. Limpia el arroz, el trigo, el maíz, el café, entre otros. Después del proceso de pre-limpieza. La despedradora separa la basura o cualquier tipo de piedras en los granos con un principio básico que es la diferencia de densidad entre los granos y las impurezas.

Es una máquina indispensable no sólo porque ayuda a mejorar la calidad del producto, sino también porque ayuda a proteger las demás máquinas del sistema, ver Figura 1.15. Diseñadas de acuerdo con los requisitos de uso, estas máquinas consumen una cantidad mínima de energía y producen rendimientos máximos. (Agro Asian Industries)

Características:

- Máxima eficiencia.
- Baja vibración.
- Bajo nivel de ruido
- Muy simple y fácil de operar.

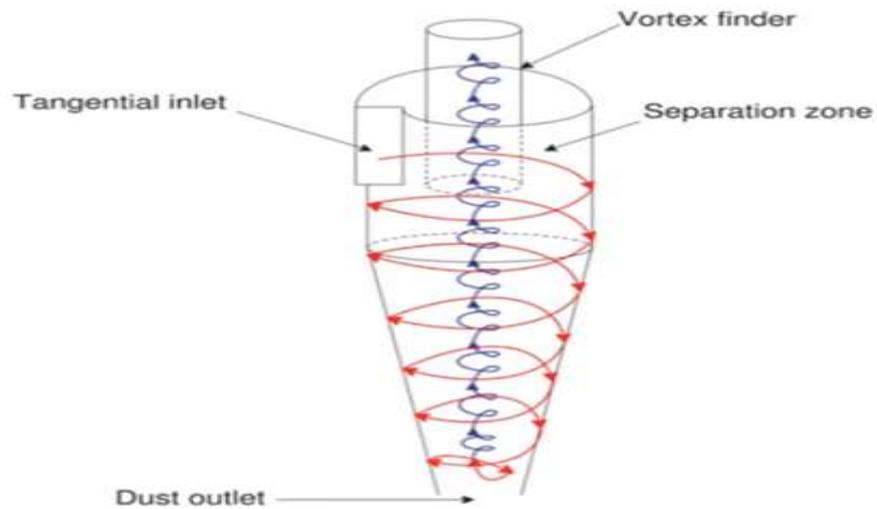
- Menor necesidad de espacio.
- Bajo mantenimiento.



**Figura 1.15 Despedradora
[Manual Pinhalense]**

Ciclón

Es un equipo de recolección de polvo mayormente usado en industrias. El ciclón es una cámara de sedimentación en la que la aceleración centrífuga reemplaza la gravitacional. Su función es remover partículas de una corriente gaseosa mediante el principio de impactación inercial que se genera gracias a la fuerza centrífuga, la trayectoria del gas está comprendida mediante un doble vórtice, donde el gas dibuja una espiral ascendente en el lado interno, y descendente en el lado externo. (Echeverri Lodoño Carlos Alberto, 2006)



**Figura 1.16 Funcionamiento de Ciclón
[Hascon-Filtration]**

Los ciclones de entrada tangencial constituyen uno de los medios menos costosos de recolección de polvo, tanto en su operación como de la inversión y se clasifican por familias:

- Ciclones convencionales.
- Ciclones de alta eficiencia.
- Ciclones de alta capacidad.



**Figura 1.17 Ciclón
[Hascon-Filtration]**

1.4.6 Sistema de pesado

Balanza Batcheadora

Esta balanza está conformada de tres tolvas superpuestas con descarga inferior en una estructura portante. La tolva de la balanza y la tolva superior tienen válvulas de accionamiento neumático que están comandadas por celdas de carga que convierten la fuerza en señales eléctricas y por un controlador de peso secuencian la carga de la tolva balanza y la acumulación de peso estático. El proceso se basa en que mientras la tolva pulmón superior acumula producto la tolva de descarga inferior mantiene el flujo continuo. (Gregorutti&Asociados, 2017)

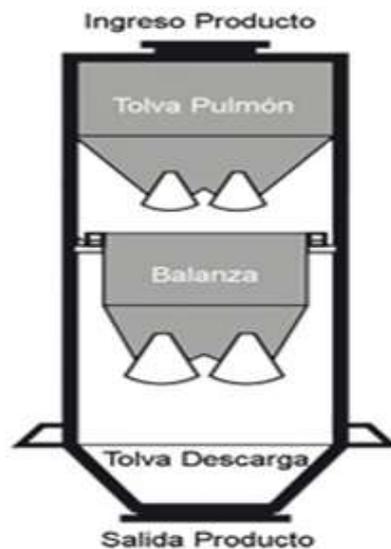


Figura 1.18 Balanza Batcheadora
[Gregorutti&Asociados]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe las fases de diseño que son: el estado del problema, se explica el problema a tratar; el análisis de problema, se recoge información sobre los requisitos y restricciones que deben incorporarse al diseño; el planteamiento del problema, la fase del diseño toma el enunciado del problema y genera alternativa de soluciones; y por último el diseño detallado, se desarrolla con más detalles los elementos y equipos necesarios que aseguren la funcionalidad del sistema, ver Figura 2.1. En esta parte se explica el funcionamiento del sistema, sin hacer una descripción de los detalles.

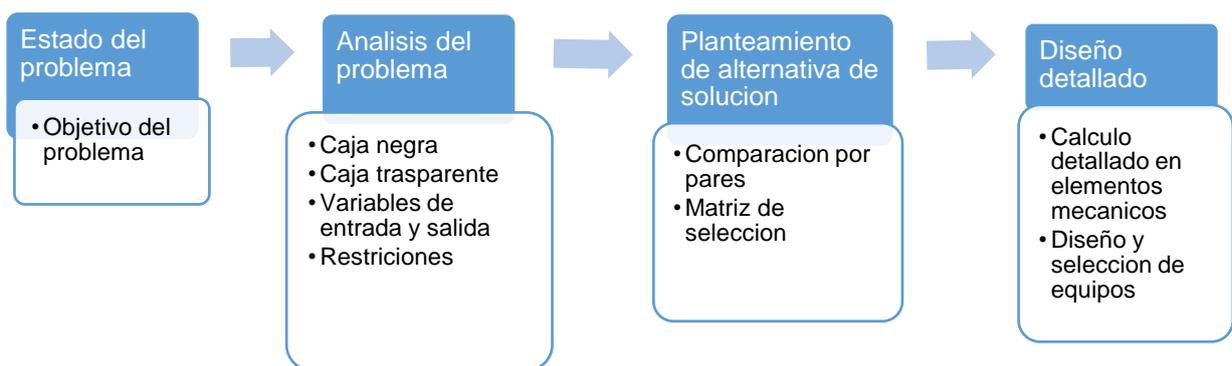


Figura 2.1 Metodología para el diseño
[Elaboración propia]

2.1 Estado del problema

Es esencial identificar los estados iniciales y finales, porque con ellos nos centramos en cuál es nuestro principal problema y dónde esperamos estar después. (Dym, Little, & et al, 2004)

Estado inicial: Insuficiencia de materia prima limpia transportada.

Estado final: Aumento del volumen de materia prima limpia transportada.

Los objetivos que son representados en forma de árbol. (Dym, Little, & et al, 2004),
Ver Figura 2.2.

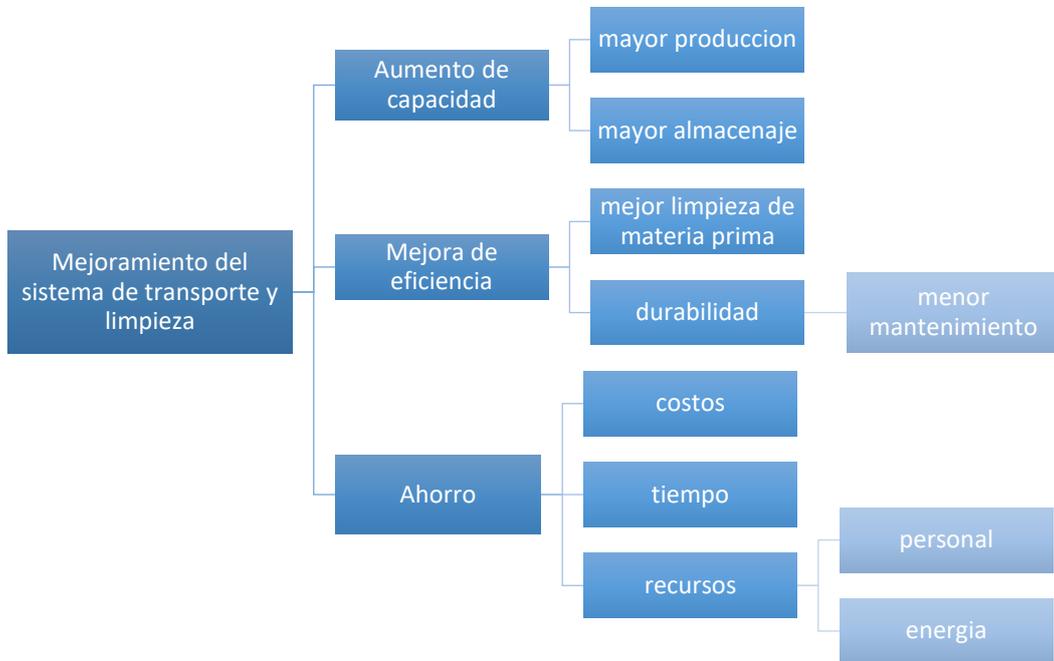


Figura 2.2 Árbol de objetivo
[Elaboración propia]

2.2 Análisis del problema

2.2.1 Caja negra

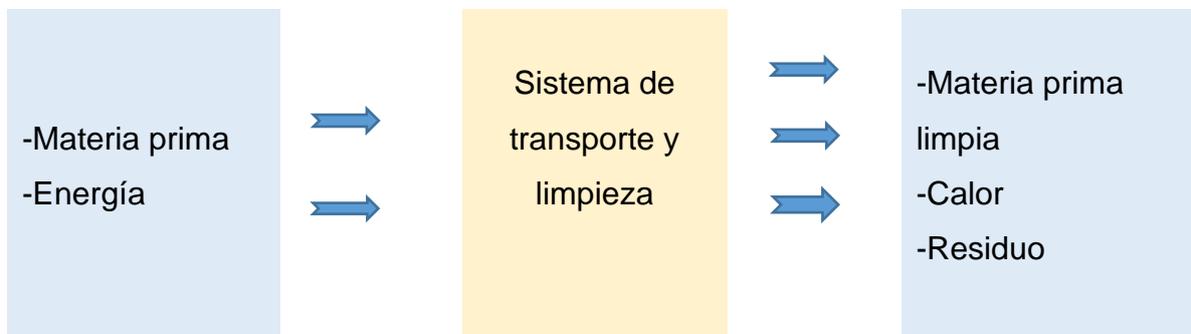


Figura 2.3 Caja negra
[Elaboración propia]

2.2.2 Caja transparente

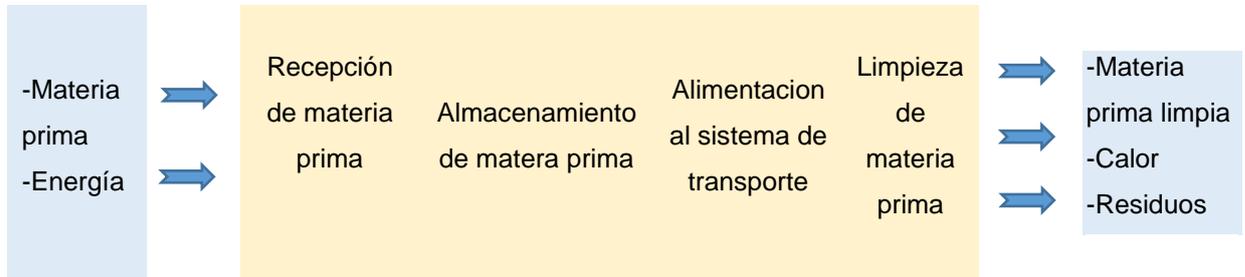


Figura 2.4 Caja transparente
[Elaboración propia]

Recepción de materia prima: se realiza un control de calidad inicial y un muestreo para asegurar que la materia prima cumple con las especificaciones establecidas.

Almacenamiento de materia prima: se realiza el respectivo pesado de la materia prima para luego ser almacenado en bodega

Alimentación al sistema de transporte: corresponde a la descarga de materia prima en la tolva de alimentación del sistema de transporte

Limpieza de materia prima: cumple la función de limpiar la materia prima y remover los residuos.

2.2.3 Variable de entrada y salida

Entrada: Insuficiencia de materia prima limpia transportada.

Tabla 2.1 Variables de entrada
[Elaboración propia]

Variables de entrada	Limitación de entrada
Capacidad de Materia prima	10.06 Ton/H
Eficiencia	No menor a 80%
Humedad	Entre 10% a 12%
Tipo de café	Ninguna

Salida: Aumento del volumen de materia prima limpia transportada.

Tabla 2.2 Variables de salida
[Elaboración propia]

Variables de salida	Limitación de salida
Capacidad de Materia prima limpia	10Ton/H
Calor o perdida	No mayor a 10% de la energía inicial

2.3 Requerimientos de diseño

El sistema para implementar debe estar dentro del presupuesto establecido por la empresa, los costos representativos a operación, implementación y mantenimiento deben ser bajos. No debe exceder el área disponible por lo que el dimensionamiento y selección de cada equipo del sistema estará limitado.

Debe brindar seguridad tanto a los operarios como al personal de mantenimiento, y además garantizar operatividad en todo el proceso.

2.4 Restricciones

Las restricciones en el diseño se basarán en los requisitos y preferencias de las necesidades de la Empresa.

- Se usará un espacio disponible que no exceda los $1100m^2$
- El presupuesto no debe exceder \$250 000 en costo y fabricación.
- Usar materiales que soporte la abrasión del café verde.

2.5 Información técnica

Normativa para utilizar

- Norma CEMA, para característica de los materiales.
- Normas ANSI/CEMA 300 para el diseño del Transportador de Tornillo, Dimensiones.
- Norma ANSI/CEMA 350, para transportador de tornillo para materiales a granel.

- Norma ANSI/CEMA, para el diseño del elevador cangilón.
- Manual Rexnord corporation para selección de elementos.
- Norma UNE-ENV, para la selección de la tolva.
- Norma ENV 1991-4, para presiones en cambio de sección.
- La norma DIN 1055-6, para acciones y presiones en estructuras.

Patentes de referencia

- US4799584A (Estados Unidos), Mecanismo de accionamiento para elevadores de Cangilones.
- ES2640952T3 (España), Banda de suspensión y de transmisión para ascensor.
- CA2797020A1 (Canadá), Suspensión del elevador y banda de transmisión.
- ES2673922T3 (España), Elementos de tornillo sin fin para máquinas de tornillo sin fin de varios árboles y procedimiento para su fabricación.
- CN100513825C (China), Mecanismo de transmisión y dispositivo de accionamiento de tornillo sin fin.

2.6 Planteamiento de la alternativa de solución

2.6.1 Selección de mejor alternativa para el sistema de transporte y limpieza

Planteamiento de alternativa

En la sección 1.4, se describe teórica y gráficamente los elementos que mayormente se emplean en los sistemas de transporte y limpieza de café verde.

El sistema actual, transporta y limpia 3Ton/h de café verde. Los equipos principales del sistema de transporte tales como: tornillos sin fin helicoidales, tolvas de alimentación y elevadores de Cangilones cumplen su funcionamiento. Para los cuales realizamos un preanálisis y concluimos que estos equipos son capaces de transportar café verde a una capacidad máxima de 6 Ton/h. No obstante, en el proceso de limpieza, el sistema es poco eficiente, puesto que los equipos son antiguos y están llegando al final de su vida útil. Por lo siguiente se plantea tres alternativas de solución, de

2.6.2 Comparación por pares

Para tomar la mejor decisión y realizar una correcta ponderación entre el peso o importancia de cada criterio se evaluarán y compararán entre sí todos los criterios y al final de la comparación quedarán ordenados desde el de mayor importancia al de menor. (Greach, 2001).

- **Aspectos Técnicos:** Instalación, patentes, dimensiones, operatividad, regulación y control.
- **Aspectos Económicos:** Costo de mantenimiento, costo de implementación, costo de operación.
- **Aspecto Humano:** Riesgo al operario.
- **Aspecto Externo:** Tamaño.
- **Aspectos Legales:** Seguridad, normas, códigos.

Descripción de criterios

Operación: Los equipos de todo el sistema deben ser operativos, además deben ser sencilla manipulación, tanto para la parte operativa como la de mantenimiento.

Costo: El valor económico de la alternativa de solución se asume como criterio de diseño, debido a que se busca un equipo que cumpla todas las funciones tales como: costo de mantenimiento, costo de implementación y costo de operación al menor costo posible.

Eficiencia: Este criterio es la relación entre lo que se produce y lo que se invierte, es decir, hace referencia a las pérdidas de energía generadas por el sistema.

Seguridad: La seguridad en el sistema y equipos en general, es muy importante para garantizar el bienestar del operario.

Tamaño: Las dimensiones de los equipos a diseñar, seleccionar e instalar en el sistema de transporte y limpieza están restringidas al área disponible del sitio donde se realiza el proceso.

**Tabla 2.3 Criterios y códigos
[Elaboración propia]**

CRITERIO	CÓDIGO
Operación	A
Costo	B
Eficiencia	C
Seguridad	D
Tamaño	E

**Tabla 2.4 Comparación por pares
[Elaboración propia]**

	A	B	C	D	E	Comparaciones
A	-	B	A	A	E	2
B		-	B	B	E	3
C			-	C	E	1
D				-	D	1
E					-	3
Total						10

**Tabla 2.5 Ponderación de criterios
[Elaboración propia]**

CRITERIO	CÓDIGO	#COMPARACIONES	# TOTAL DE COMPARACIONES	%	PESO (%)
Tamaño	E	3	10	30	0,3
Costo	B	3	10	30	0,3
Operación	A	2	10	20	0,2
Eficiencia	D	1	10	10	0,1
Seguridad	E	1	10	10	0,1
Total		10			1

2.6.3 Selección de la solución

Una vez aclaradas las alternativas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista económico y técnico. Se indicarán los diferentes criterios, donde a cada alternativa se le asignará un valor [1 a 10], dependiendo de cómo satisfaga la alternativa al criterio en mención siendo 1 malo y 10 excelente. Una vez hecho esto la mejor solución es la que tenga la mayor puntuación (Grech, 2001)

**Tabla 2.6 Matriz de decisión de la mejor alternativa
[Elaboración propia]**

CRITERIOS	PONDERACIÓN	A		B		C	
Tamaño	0,3	7	2,1	7	2,1	9	2,7
Costo	0,3	8	2,4	8	2,4	9	2,7
Operación	0,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
Eficiencia	0,1	8	0,8	9	0,9	8	0,8
Seguridad	0,1	9	0,9	9	0,9	9	0,9
Total	1		7,8		8,1		8,7

Evaluación económica

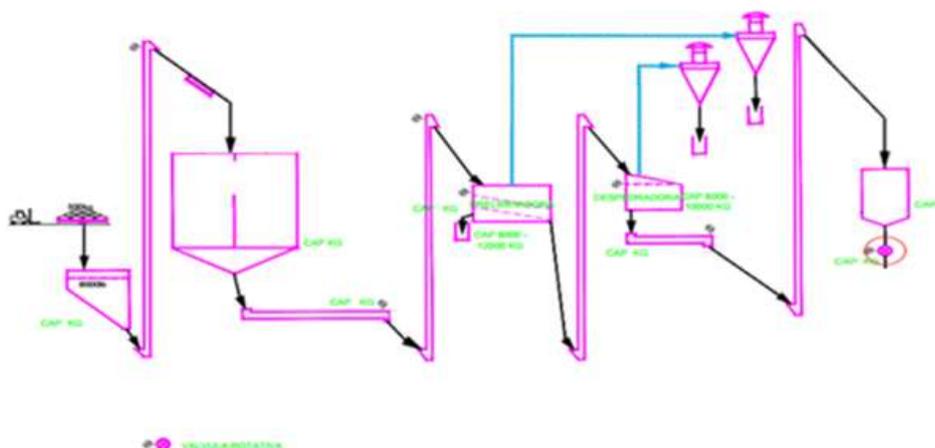
Para la evaluación económica, se escogen puntos de evaluación más importantes en el desarrollo del proyecto. A estos puntos se les asigna un peso [1 a 3], dependiendo de su importancia, este peso será denominado como el factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible. Además, a cada alternativa se le asignará un valor [1 a 10], dependiendo de cómo satisfaga la alternativa al punto de evaluación en mención siendo 1 muy malo y 10 excelente. La alternativa más adecuada será la que tenga mayor puntuación. (Villacís Mayra, 2012)

**Tabla 2.7 Matriz de decisión costo de la mejor alternativa
[Elaboración propia]**

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE INFLUENCIA	A		B		C	
Costo de fabricación	3	9	27	7	21	8	24
Costo de implementación	2	9	18	8	16	9	18
Costo de operación	3	8	24	9	27	8	24
Costo de mantenimiento	2	7	14	8	16	9	18
Total			83		80		84

Basado en los resultados mostrados por la matriz de decisión de alternativas, y la evaluación de costo, el sistema de transporte y limpieza más adecuado es el de la alternativa A. Este asegura operatividad en todo el sistema, su implementación se encuentra dentro del presupuesto establecido por la compañía, no requiere realizar gastos en expansión de área ya que los equipos del sistema se pueden instalar en el área disponible, además que sus costos de mantenimientos y operación son bajos respecto a las otras alternativas. Brinda seguridad tanto al personal operario y de mantenimiento. Aunque se tomaron algunas decisiones para el sistema de limpieza por el criterio de tamaño, en las que se sacrifica eficiencia podemos concluir que esta alternativa sigue siendo una buena opción para los requerimientos de diseño.

2.7 Diseño conceptual



**Figura 2.9 Diseño conceptual del sistema de transporte y limpieza
[Elaboración propia]**

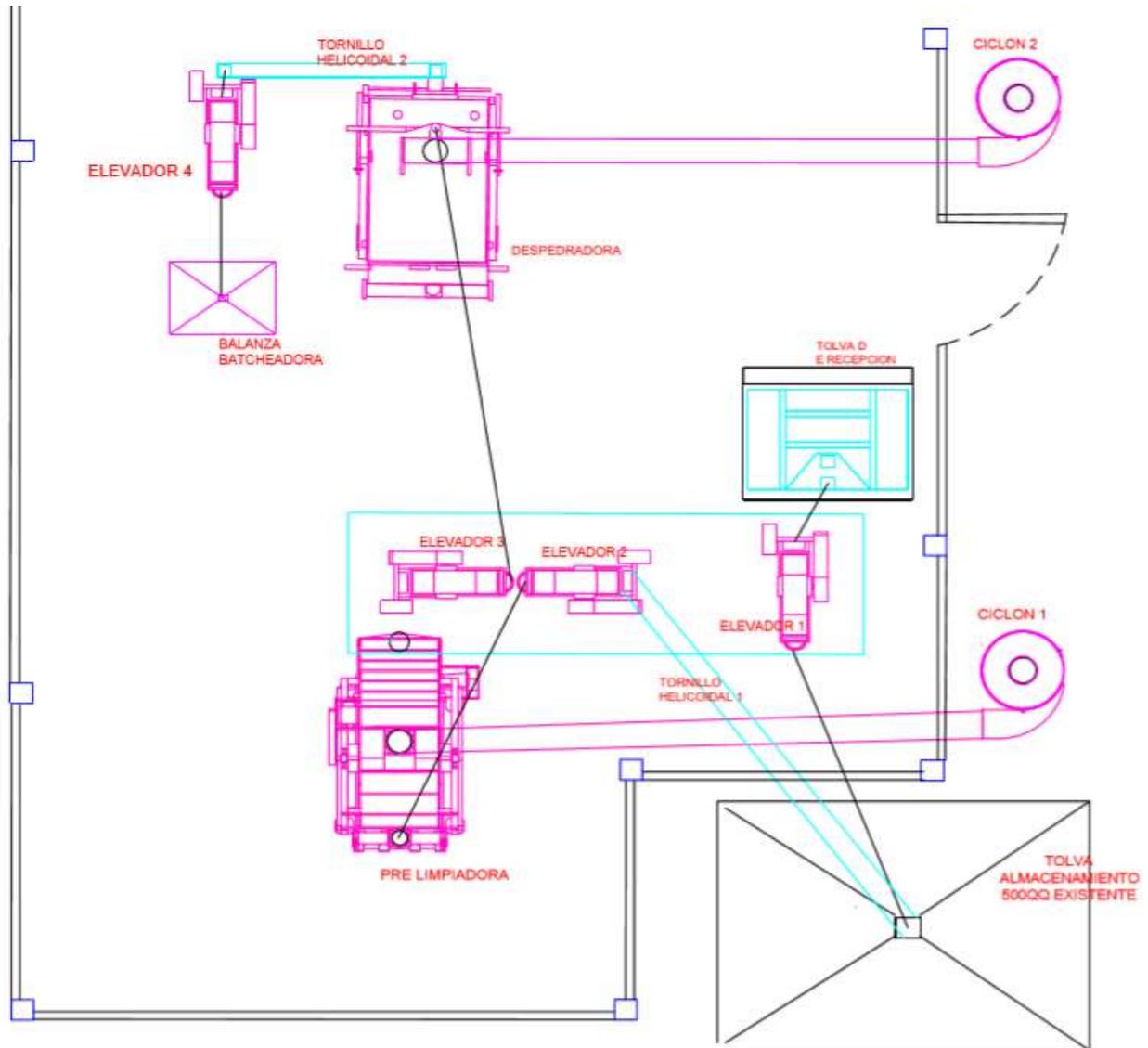


Figura 2.10 Vista superior de diseño conceptual de planta [Elaboración propia]

2.8 Diseño detallado

2.8.1 Metodología de diseño

Una vez conocidas las necesidades y requerimientos del sistema, establecemos los límites y realizamos una búsqueda de información con normas aplicables y restricciones adicionales.

A continuación, se detalla el procediendo de rediseño en la Figura 2.11, de los pasos para el diseño detallado.

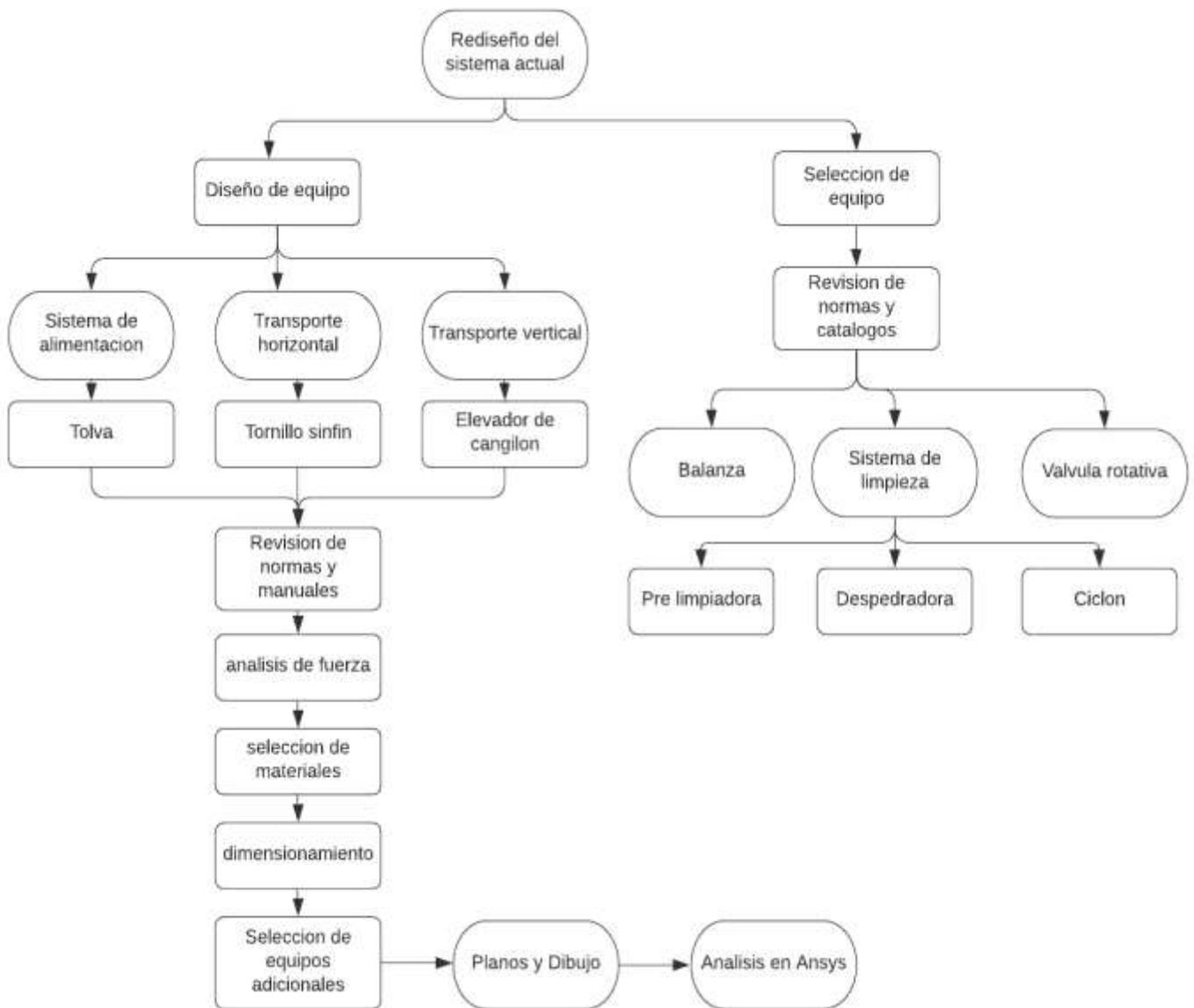


Figura 2.11 Metodología del diseño detallado [Elaboración propia]

2.8.2 Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación se debe diseñar teniendo en cuenta la capacidad máxima requerida de café verde limpio al día, la cual es de 80 Ton/día. En 8 horas laborables se tendrá café limpio a razón de 10 Ton/h.

$$capacidad\ requerida_{sistema} = 10\ Ton/h$$

Una vez determinada la capacidad requerida de la planta, y teniendo en cuenta criterios de diseño previos se calcula la capacidad de diseño.

$$capacidad_{diseño} = 1.06 * 10Ton/h = 10.6 Ton/h$$

Se sabe que, en la zona de alimentación de materia prima, los estibadores en trabajo continuo logran descargar 18 Ton/h de café verde sin limpiar a la tolva.

Tolva de Alimentación

La tolva de alimentación es tipo piramidal, y se diseñará para una capacidad de 750 qq o 35 Ton de café verde, con esta capacidad y lo mencionado anteriormente se asegura que siempre haya la materia prima suficiente para todo el sistema de transporte y limpieza.

Para determinar la capacidad de diseño de la tolva, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El factor de espacios vacíos para materiales granulares es 0.2.
- El volumen inútil de la tolva es (15-30) %.
- ρ_c es la densidad corregida del material.

$$\rho_c = (1 - Fev)\rho \quad (2.1)$$

$$Volumen_{material} = \frac{m}{\rho_c} \quad (2.2)$$

$$Volumen_{tolva} = \frac{Volumen_{material}}{\%Volumen_{útil}} \quad (2.3)$$

Por lo que la tolva de alimentación tendrá una capacidad aproximada de 70 m^3 , con un porcentaje de volumen inútil del 15%.

Dimensionamiento de Tolva de Alimentación

Para diseño de la tolva de alimentación se utiliza la Normativa Europea para silos y tanques. (European Comitee for Standarization, 2005). Esta normativa detalla el proceso para el diseño estructural de tolvas y silos.

Para el correcto dimensionamiento de la tolva de alimentación, se identifica el tipo de flujo de descarga.

En la Figura 2.12 se puede apreciar los diferentes tipos de flujos de descarga de material.

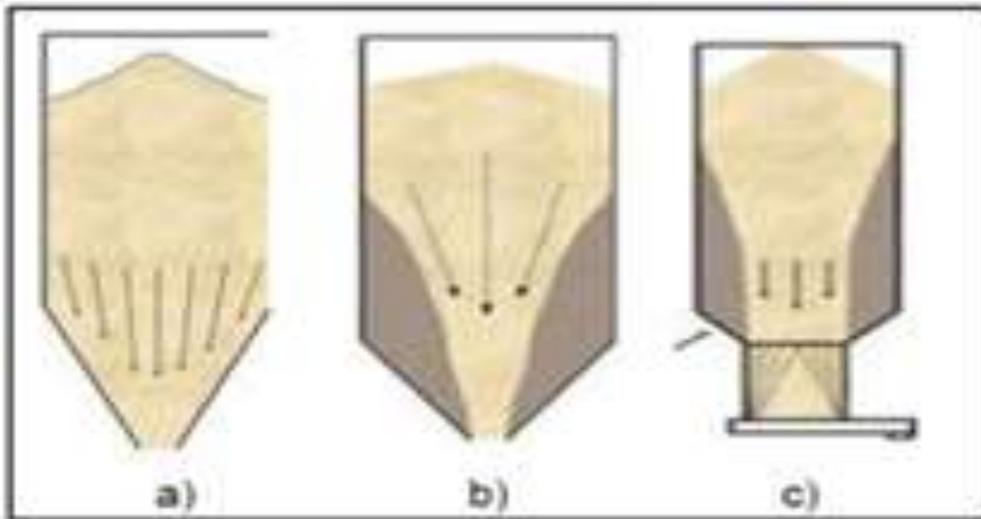


Figura 2.12 Tipos de descargas. Flujo másico, Flujo embudo, Flujo expandido [Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

Para identificar el flujo que se va a desarrollar al momento del vaciado del material se debe tener en cuenta las siguientes variables (Centre for Industrial Bulk Solids Handling Glasgow Caledonian University, 2008):

- Ángulo de fricción contra la pared ϕ_w .
- Ángulo efectivo de fricción interna δ .
- Geometría de la tolva.
- Ángulo de la tolva respecto a la vertical.

En la presente

Tabla **2.8** se presentan los parámetros a considerar en las diferentes fases de este proceso de diseño.

Tabla 2.8 Características del material
[Standard Practice for Design and Construction Concrete Silos and Stacking Tube
for String Granular (ACI 313R-97)]

MATERIAL	GEOMETRÍA DE LA TOLVA	ANGULO DE REPOSO (α)	ANGULO EFECTIVO DE FRICCIÓN INTERNA (δ)	ANGULO DE LA TOLVA RESPECTO A LA VERTICAL (β)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN (μ) CONTRA EL ACERO	ANGULO DE FRICCIÓN CONTRA LA PARED (ϕ_w)
Café verde	Piramidal cuadrada	30-44	28-35	52	0.26-0.42	19

Para determinar el ángulo de la tolva respecto a la vertical y el ángulo de fricción se utiliza las siguientes ecuaciones.

$$\beta = \alpha + (15^\circ \text{ o } 30^\circ) \quad (2.4)$$

$$\phi_w = \arctg(\mu) \quad (2.5)$$

Luego de establecer las variables antes mencionadas, se determina el tipo de flujo de descarga (Tabla 2.9) que rige en la tolva de alimentación.

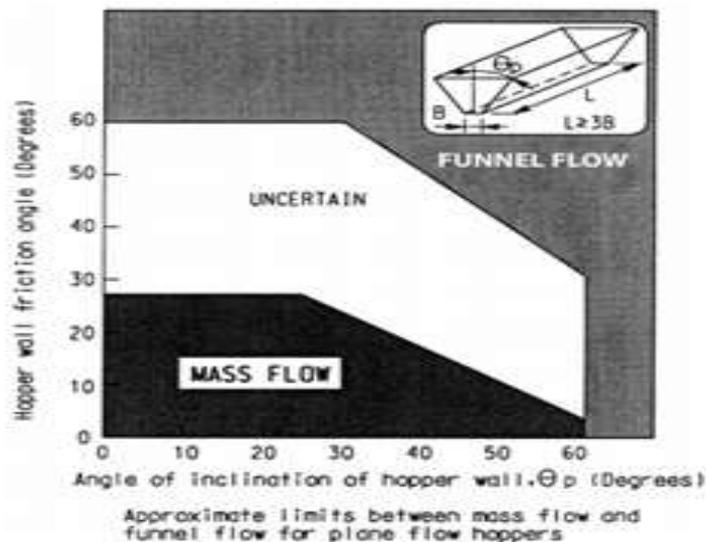


Figura 2.13 Selección de tipo de flujo en tolva rectangular.
[Standard Practice for Design and Construction Concrete Silos and Stacking Tube
for String Granular (ACI 313R-97)]

Tabla 2.9 Tipo de flujo de tolva
[Elaboración propia]

ELEMENTO	TIPO DE FLUJO
Tolva de café verde	Másico

Para la geometría de la tolva tenemos:

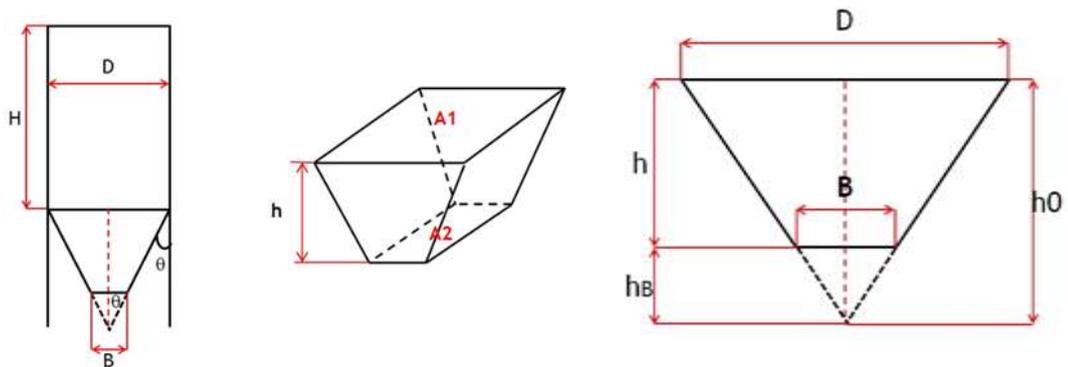


Figura 2.14 Geometría de tolva piramidal cuadrada.
[Mecanotecnia, 2017]

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) + A_1 H \quad (2.6)$$

$$h_b = \frac{\frac{B}{2}}{\tan \theta} \quad (2.7)$$

El Euro Código tiene ciertas limitaciones que deben ser consideradas. (Ramírez Ricardo, 2017) (European Comitee for Standarization, 2005)

Limitaciones geométricas:

- Los límites de la forma transversal de los silos se detallan en Figura 2.13.
- Se deben aplicar las siguientes limitaciones dimensionales:

$$h_b/d_c < 10 \quad (2.8)$$

$$h_b < 100 \text{ m} \quad (2.9)$$

$$d_c < 60 \text{ m} \quad (2.10)$$

$$h_c/d_c > 0.4 \quad (2.11)$$

- La transición se encuentra en un solo plano horizontal, tal como se detalla en la Figura 2.15.

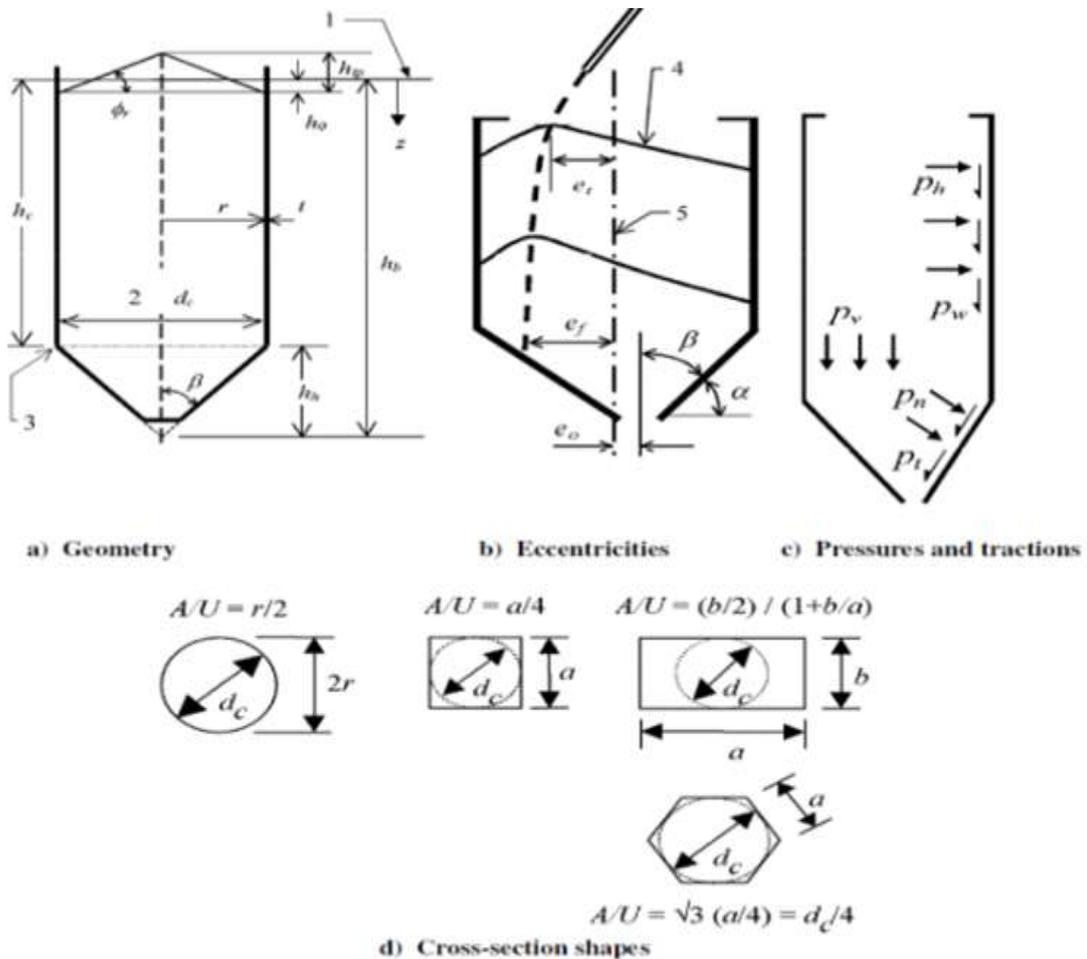


Figura 2.15 Forma de Silos, Dimensiones y Notación de Presiones. [Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

Luego de conocer el tipo de flujo de la tolva, es necesario determinar el diámetro crítico de salida del material, que este será el responsable de que el material pueda fluir en la salida de la tolva (Crowe Clayton T, 2006).

Para esto se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El factor flujo (ff): Correlación constante entre los esfuerzos cortantes y los compactadores. Se determina este factor de flujo para una tolva rectangular de acuerdo con la Figura 2.15.

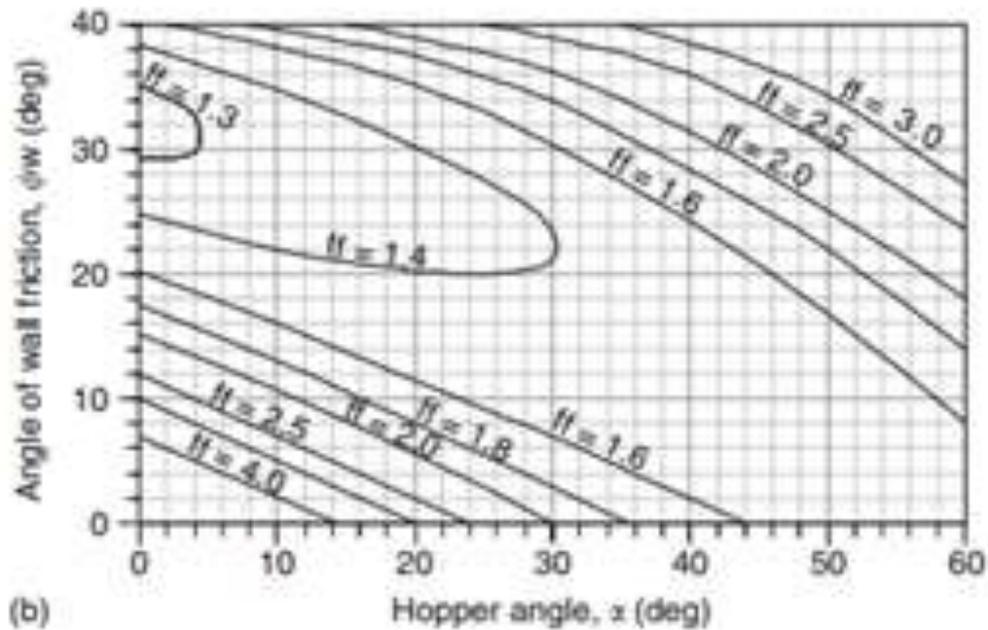


Figura 2.16 Factor de flujo para tolvas rectangulares.
[Multiphase Flow Handbook]

- Trabamamiento del material: Este fenómeno ocurre en las tolvas de flujo másico, y esto ocurre cuando las partículas son grandes en relación con la salida (sobreposición mecánica), o también puede ocurrir trabamamiento por arqueo cohesivo.



Figura 2.17 Tratamiento cohesivo.
[Bulk Solids Handling Equipment Selection and Operation.]

Al ser el café verde un material granular no cohesivo solo se debe evitar la sobreposición mecánica del material, para esto se deben tomar en cuenta la siguiente consideración:

- El diámetro de salida debe ser mayor que 30 veces el diámetro del grano.

Llenado y Descarga

En el llenado y descarga de la tolva se deben analizar los siguientes casos de cargas que son los que conducen a estados límite de las estructuras. (European Comitee for Standarization, 2005):

- Máxima presión Normal en la pared vertical del silo.
- Máxima resistencia por fricción vertical en la pared vertical del silo.
- Máxima presión Vertical en el fondo del silo.
- Carga máxima en la tolva.

Los diferentes valores de las propiedades de los sólidos que se utilizan para las evaluaciones de carga se muestran Tabla A-2 (APÉNDICE A). Además, se deben calcular los valores característicos mostrados en la Tabla 2.10, para los cuales se utilizan las siguientes ecuaciones tomadas del EuroCodigo.

Valores superiores característicos.

$$K = a_k K_m \quad (2.12)$$

$$\mu = a_\mu \mu_m \quad (2.13)$$

$$\phi_1 = a_\phi \phi_{1m} \quad (2.14)$$

Valores inferiores característicos.

$$K = K_m / a_k \quad (2.15)$$

$$\mu = \mu_m / a_\mu \quad (2.16)$$

$$\phi_1 = \phi_{1m} / a_\phi \quad (2.17)$$

Tabla 2.10 Propiedades para cálculos de esfuerzos
[Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

	Characteristic value to be adopted		
Purpose:	Wall friction coefficient μ	Lateral pressure ratio K	Angle of internal friction ϕ_1
For the vertical wall or barrel			
Maximum normal pressure on vertical wall	Lower	Upper	Lower
Maximum frictional traction on vertical wall	Upper	Upper	Lower
Maximum vertical load on hopper or silo bottom	Lower	Lower	Upper
Purpose:	Wall friction coefficient μ	Hopper pressure ratio F	Angle of internal friction ϕ_1
For the hopper wall			
Maximum hopper pressures on filling	Lower value for hopper	Lower	Lower
Maximum hopper pressures on discharge	Lower value for hopper	Upper	Upper

Sobrecarga de uso

Es el efecto que produce la presión de la materia almacenada sobre las paredes de la tolva, esta se trasmite a los elementos de la estructura soporte.

La sobrecarga se analiza tanto en la sección de paredes verticales y sobre la parte inferior o fondo de la tolva. (European Comitee for Standarization, 2005)

Paredes verticales

Presión de llenado

De la norma, por ser $d_c = 4.5$ m, se emplea el método simplificado, la presión local no se calcula, pero se incrementa la presión horizontal, para lo cual se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$P_{hf} = P_{ho} * Y_j(z) \quad (2.18)$$

Donde:

$$P_{ho} = \gamma * K * z_o \quad (2.19)$$

$$z_o = \frac{1}{K * \mu} * \frac{A}{U} \quad (2.20)$$

$$Y_j(z) = 1 - e^{\frac{-z}{z_o}} \quad (2.21)$$

Y el valor de la fuerza resultante vertical (compresión) es:

$$F_{vertical} = \mu * P_{ho} [z - z_o * Y_j(z)] \quad (2.22)$$

En el incremento de la presión horizontal según la norma tenemos que:

$$P_{hf,s} = P_{hf} * (1 + exc * B) \quad (2.23)$$

Donde B:

$$B = 1 + \frac{4 * e}{d_c} \quad (2.24)$$

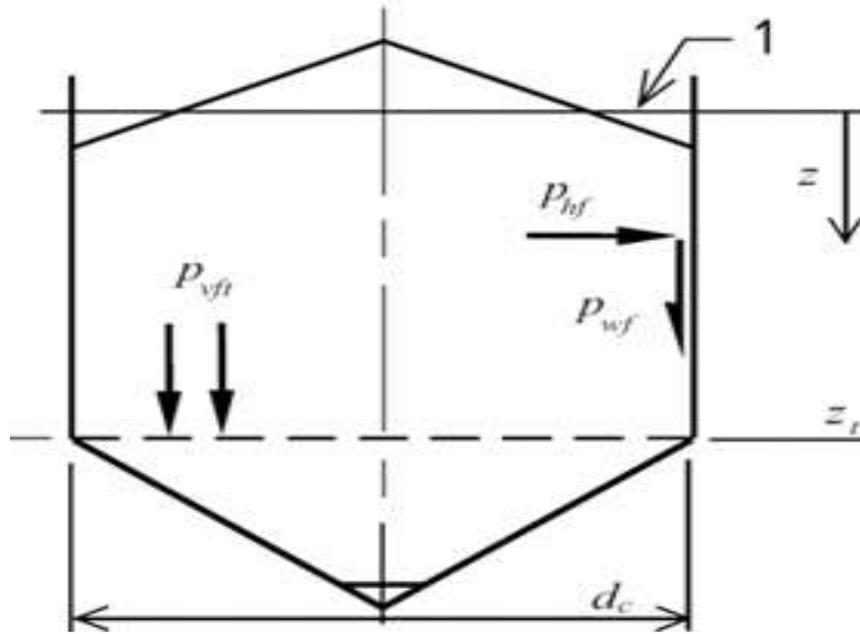


Figura 2.18 Presión de llenado en paredes verticales.
 [Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

Parte inferior o fondo de tolva

Para determinar los valores de las presiones de llenado, horizontal, por fricción en la pared y vertical (Figura 2.19 y Figura 2.20), se utilizará lo siguiente:

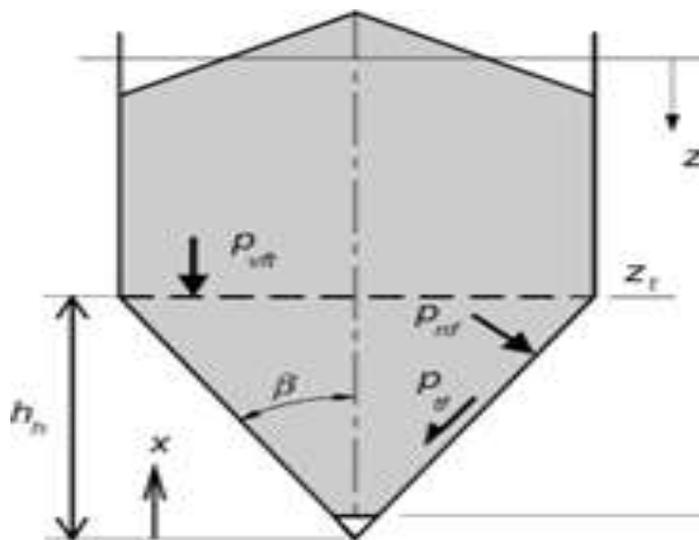


Figura 2.19 Presión de llenado en fondo de tolva.
 [Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

- Presión vertical

$$P_{vf} = \frac{P_{ho}}{K} * Y_j(z) \quad (2.25)$$

$$P_v = P_{vf} * z \quad (2.26)$$

- Presión normal y de fricción

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + (P_{n1} - P_{n2}) \frac{x}{l_h} \quad (2.27)$$

$$P_{n1} = P_{vf} [C_b (\sin\beta)^2 + (\cos\beta)^2]; C_b = 1.2 \quad (2.28)$$

$$P_{n2} = P_{vf} C_b (\sin\beta)^2 \quad (2.29)$$

$$P_{n3} = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K}{\sqrt{\mu_h}} (\cos\beta)^2 \quad (2.30)$$

$$P_t = \mu_h P_n \quad (2.31)$$

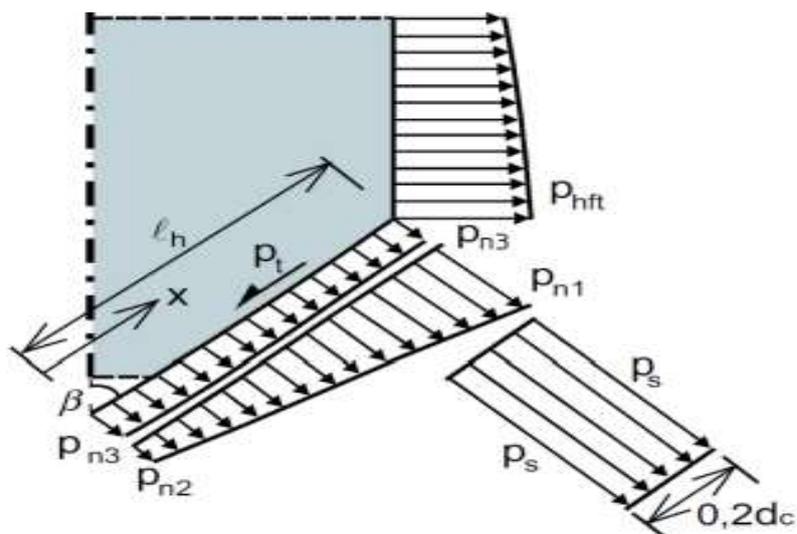


Figura 2.20 Distribución de esfuerzos en tolvas.
[Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

- Presiones de vaciado

$$P_{he} = C_h P_{hf} \quad (2.32)$$

$$P_{we} = C_w P_{wf} \quad (2.33)$$

Donde:

$$P_{wf} = \mu * P_{ho} * Y_j(z) \quad (2.34)$$

$$C_h = 1.15 + 1.5(1 + 0.4 \frac{e}{d_c}) \quad (2.35)$$

$$C_w = 1.4(1 + 0.4 \frac{e}{d_c}) \quad (2.36)$$

Descarga de tolva

Las presiones normales y de fricción, están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$P_{ne} = F_e P_v \quad (2.37)$$

$$P_{te} = \mu_h F_e P_v \quad (2.38)$$

$$F_e = \frac{1 + \sin \phi_m \cos \varepsilon}{1 - \sin \phi_m \cos (2\beta + \varepsilon)} \quad (2.39)$$

$$\varepsilon = \phi_{wh} + \sin^{-1} \left(\frac{\sin \phi_{wh}}{\sin \phi_m} \right) \quad (2.40)$$

$$F_{vertical-fondo} = C_w * \mu * P_{ho} [z - z_o * Y_j(z)] \quad (2.41)$$

Espesor de paredes verticales y de fondo de tolva

$$e_{paredes} = \frac{P_{hf} * D}{2 * \sigma_{adm}} \quad (2.42)$$

$$e_{fondo} = \frac{P_n * D}{2 * \sin(90 - \beta) \sigma_{adm}} \quad (2.43)$$

2.8.3 Análisis y Diseño Estructural de Bastidores

En el diseño estructural de diferentes sistemas se utilizó la Norma ecuatoriana para la construcción (NEC) Para el diseño estructural de los diferentes sistemas, especificación ANSI/AISC 360- 10 para Construcciones de Acero.

Método de Diseño Para Desarrollar

El Manual de la ANSI/AISC 360- 10 especifica que los requerimientos de diseño deben ser desarrollados 81 mediante el Diseño en Base a Factores de Carga (LRFD). En el cual se considera que la resistencia de diseño de cada componente de la estructura es mayor o igual a la resistencia que se requiere, la cual se determina por la siguiente combinación de carga: (Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, 2010)

$$U = 1.2D + 1.6W + 0.5L + 0.5(L_r o R_r o S) \quad (2.44)$$

Donde:

- Carga Muerta (D): Esta carga es el peso propio de la estructura y es constante.
- Cargas vivas (L): Esta carga es dada por el material almacena y se tomará en su máxima capacidad.
- Cargas de viento (W): Esta carga para nuestro diseño será despreciable.

Tabla 2.11 Carga de Equipos.
[Elaboración propia]

EQUIPO	CARGA MUERTA (kg)	CARGA VIVA (kg)
Tolva de alimentación	5060	32200
Tornillo sin fin 1	406.16	84
Tornillo sin fin 2	222.47	42
Ciclones	170	185

Diseños de miembros a tensión

La selección de perfiles para los miembros en tensión es sencilla, y esto se debe al inexistente peligro de pandeo del perfil, solo es necesario determinar la combinación de carga.

Es necesario que los miembros a tensión se diseñen de tal modo que no tengan excentricidad.

Diseño de miembros a compresión

Los miembros al analizar para el diseño a compresión son las columnas. Existen tres formas generales en el fallo de columnas cargadas axialmente (Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, 2010):

- Pandeo de Euler (Flexionante)
- Pandeo Local.
- Pandeo Torsionante Flexionante.

En la Figura 2.21 se muestran los perfiles más usados para las columnas.

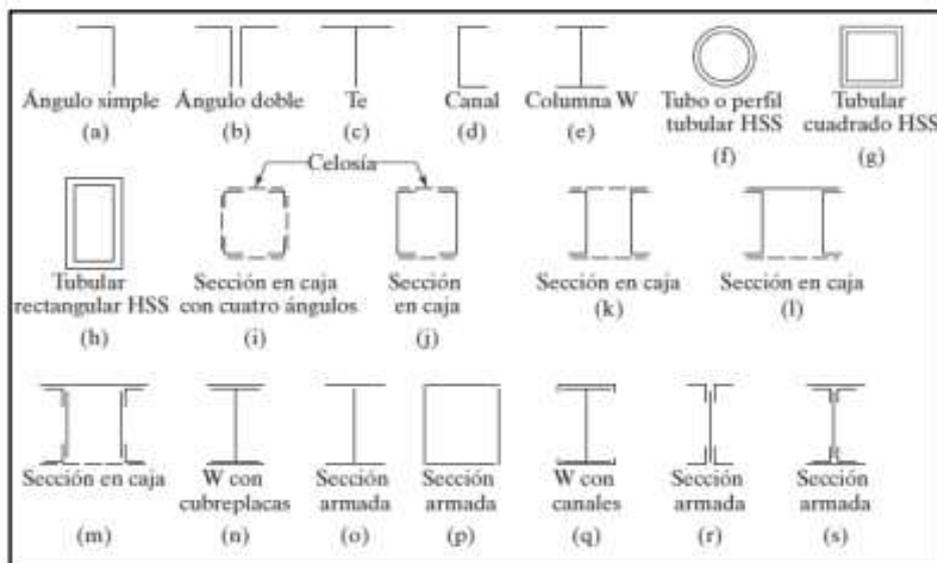


Figura 2.21 Elementos usados para miembros en compresión.
[Diseño de Estructuras de Acero Jack. Mc Cormac-Stephen F. Csemak]

2.8.4 Sistema de desplazamiento horizontal

El sistema de desplazamiento constará de dos transportadores helicoidales sinfín, el transportador helicoidal 1 completamente horizontal y el transportador helicoidal 2 con una inclinación de 30°. El dimensionamiento de cada tornillo se encuentra basado por los manuales de Martin (Martin, 2013) y de ANSI/CEMA Standard No. 350 (CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019).

Es necesario establecer los factores conocidos que se necesitarán en el procedimiento de diseño, los cuales se muestran en la Tabla 2.12.

**Tabla 2.12 Factores conocidos
[Elaboración propia]**

FACTORES CONOCIDOS	
Capacidad requerida	Flujo másico: 10.06 [ton/h] Flujo másico: 22.132 [lb/h] Flujo volumétrico: 560 [ft ³ /h]
Distancia a transportar	Transportador 1: 20 [ft] Transportador 2: 8.55 [ft]

Además, se clasifica el material de acuerdo a los sistemas mostrados en la Tabla B.1 y Tabla B.2 que se encuentran en el APÉNDICE B. Los valores del material lo podemos ver en la siguiente tabla.

**Tabla 2.13 Característica del material.
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]**

MATERIAL	CÓDIGO DEL MATERIAL	SELECCIÓN DE RODAMIENTO INTERMEDIO	SERIES DE COMPONENTES	FACTOR DE MATERIAL F_m	CARGA ARTESA
Café, grano verde	C1/2-25PQ	L-S	1	0.5	45

Selección de Tipo de Transportador Sinfín

Se selecciona el transportador helicoidal tipo 1 del catálogo de Martin, cuyas características son las más adecuadas para el transporte de café verde, entre ellas tenemos: Su alimentación es estándar, el movimiento del

material es uniforme a lo largo de la longitud total del transportador, tiene un paso estándar y el diámetro del alimentador helicoidal es uniforme. (Martin, 2013)



Figura 2.22 Transportador helicoidal horizontal tipo 1.
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]

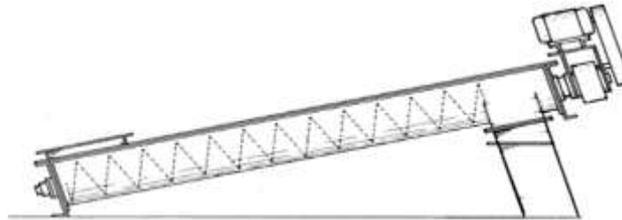


Figura 2.23 Transportador helicoidal inclinado.
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]

Diámetro y Velocidad del sinfín.

Al ser transportadores con helicoidales de paso estándar, la velocidad para el transportador 1 se calcula con la siguiente ecuación.

$$N_1 = \frac{\text{Capacidad requerida en pies cúbicos por hora}}{\text{Pies cúbicos por hora @ 1 RPM}} \quad (2.45)$$

Donde los Pies cúbicos por hora @ 1 RPM, se lo toma de la Tabla E.1 del Apéndice E considerando la carga de la artesa y la máxima carga que puede transportar a la máxima RPM. Para lo cual tendremos un diámetro helicoidal de 9 pulgadas, tal como se muestra en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14 Capacidad para Transportador Helicoidal
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

CARGA ARTESA	DIÁMETRO HELICOIDAL (in)	CAPACIDAD PIES CÚBICOS POR HORA		MAX. RPM
		A 1 RPM	A MÁX. RPM	
45	9	8.20	1270	155

Entonces N es;

$$N_1 = 69 \text{ rpm} \approx 70 \text{ rpm}$$

Para el cálculo de la velocidad del transportador 2, se tomaron consideraciones adicionales

- Ángulo de inclinación del transportador.
- Altura de inclinación.
- Coeficiente de disminución de flujo debido a inclinación (*i*).
- Coeficiente de relleno (*C_r*).
- Longitud del transportador 2.
- Área de relleno (*S*).
- Paso del tornillo (*P*).
- Diámetro de la helicoide (*D*)

Tabla 2.15 Consideraciones para Transportador Helicoidal inclinado
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Angulo de inclinación (°)	Altura (m)	I	Cr	L2 (m)	P (m)	D(m)
30°	1.5	0.5	0.34	3	0.254	0.254

Una vez definidas las consideraciones adicionales se calcula la velocidad con las siguientes ecuaciones:

$$N = \frac{C}{60S\rho iP} \quad (2.46)$$

$$S = \frac{C_r \pi D^2}{4} \quad (2.47)$$

Donde:

ρ : Densidad del material a transportar.

C : Capacidad requerida.

El desarrollo de las ecuaciones se encuentra en APÉNDICE E.

$$N_2 = 122 \text{ rpm}$$

Longitud del tornillo sinfín

Una vez determinado el diámetro del helicoides, el tipo de transportador sinfín, y la serie de componente, se logra seleccionar la longitud tanto del tornillo como de la artesa, la selección se encuentra en el APÉNDICE D, Tabla D.1 y Tabla D.3.

Al ser estas longitudes estándares se debe de determinar un arreglo por secciones tanto del tornillo y de la artesa, que cumpla con la distancia total a transportar.

Entonces,

- Para Transportador 1: Dos artesas de 120 in cada una y dos helicoidales seccionales de 98 in cada uno.
- Para Transportador 2: Una artesa de 120 in y un helicoides de 98 in.

Deflexión en los Transportadores Helicoidales

En los transportadores de longitud estándar como es el caso de nuestro Transportador 2, la deflexión rara vez es un problema. Pero en el caso del Transportador 1 que es un arreglo por secciones se debe analizar la deflexión y constatar que no sea excesiva, ya que de esto dependerá el uso de colgantes. (Martin, 2013)

Por lo que se logra calcular la deflexión al centro del claro de esta manera:

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)I} \quad (2.48)$$

Donde:

D = Deflexión al centro del claro en pulgadas.

W = Peso Total del Helicoidal en libras.

L = Longitud del Helicoidal en pulgadas.

I = Momento de inercia del tubo.

Se desarrolla la ecuación y se detalla la información de las variables en el APÉNDICE C.

Selección de Elementos Estándares

La Figura 2.22 muestra los componentes de un transportador sinfín helicoidal, estas componentes se encuentran divididas en tres grupos diferentes de componentes, en donde cada grupo se relaciona con códigos de clasificación de material, tipo de rodamientos, espesor de artesa. (Martín, 2013)

Los componentes que se seleccionan son correspondientes al grupo de componentes 1, en la

Tabla 2.16 se los detallan.



Figura 2.24 Componentes del Transportador Sinfín Helicoidal.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

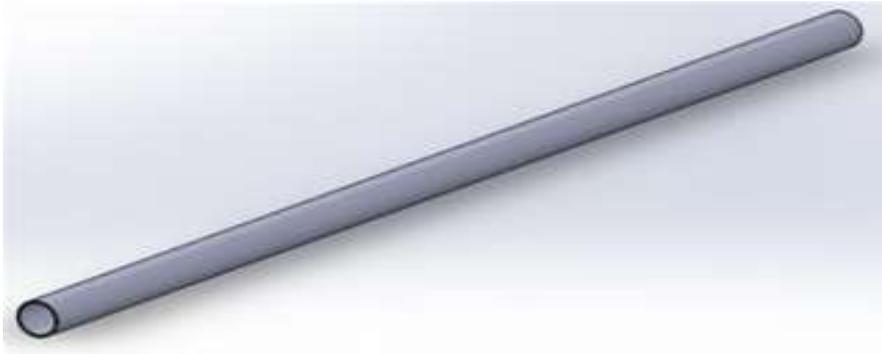
Tabla 2.16 Grupo de Componentes 1
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Diámetro Helicoidal (in)	Diámetro del Eje (in)	Numero de Helicoidal		Espesor, Calibre Americano Estándar (in)	
		Helicoidales Continuos	Helicoidales Seccionales	Artesa	Cubierta
9	2	9H412	9S412	Calibre 10	Calibre 14

Tubo del Tornillo Helicoidal

La Tabla D.1 y Tabla D.2 (APÉNDICE D) detalla las dimensiones y características del tubo donde se coloca el helicoide, el cual es de cédula 40 y de diámetro nominal de 2½ pulgadas.

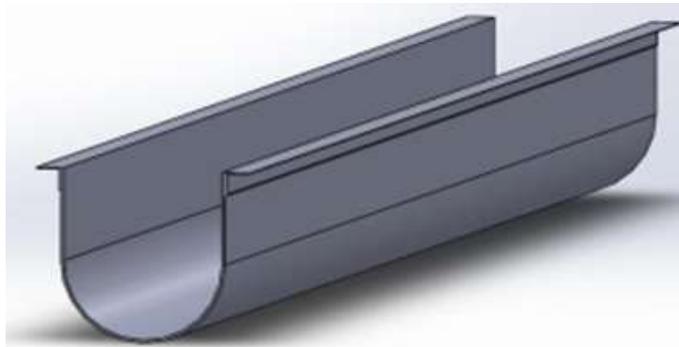
En la Figura 2.25 se puede observar el tubo, el cual debe ser rígido para que no haya fallas por deflexión.



**Figura 2.25 Tubo de cédula 40.
[Elaboración Propia]**

Artesa

La Artesa que se selecciona para ambos tornillos helicoidales es la de Tipo U con ceja de ángulo (Figura 2.26), ya que es económica, de uso común y construcción rígida, en el APÉNDICE D se puede observar las características de la seleccionada (Tabla D 3).



**Figura 2.26 Artesa tipo U con Ceja de Ángulo.
[Elaboración Propia]**

Tapa de Artesa

Las tapas de las artesas de ambos transportadores helicoidales serán de tipo exterior con pie, ya que estas incluyen el soporte para la artesa, sirven de apoyo a las chumaceras y además son las más usadas en el medio. (Martin, 2013)

Los detalles de las tapas de artesa seleccionadas se encuentran en el APÉNDICE D (Tabla D.4).

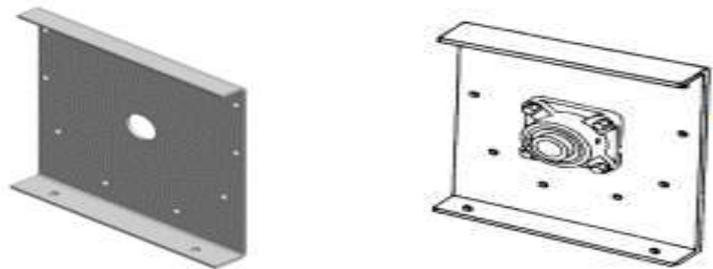


Figura 2.27 Tapa de Artesa tipo exterior con pie.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Bridas para Artesa

Como la artesa utilizada para el diseño es la de tipo U, las bridas para conectar la artesa con su tapa de igual manera deben ser tipo U, además se utilizó una brida para unir las secciones del Transportador 1 ya que este es seccionado. Los detalles de las bridas seleccionadas para ambos tornillos se encuentran en el APÉNDICE D en las Tabla D.5 y Tabla D.6.

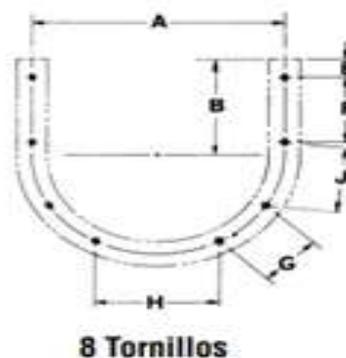


Figura 2.28 Brida para Artesa de 8 tornillos.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Pie de Brida

Para el Transportador 1 se selecciona un pie de brida (Figura 2.29) cuya función es servir de apoyo en la unión de la sección de artes que será a 10 ft de la longitud total del transportador sinfín. EL pie de brida se detalla en la Tabla D.7 del APÉNDICE D.

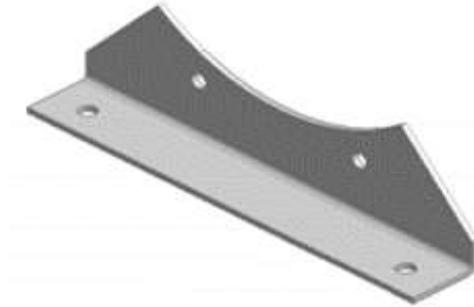


Figura 2.29 Pie de Brida.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019]

Cubierta de Artesa

Es de suma importancia el uso de cubierta para la artesa no solo por la seguridad del operario sino también porque se necesita que la materia prima se mantenga dentro de la artesa y protegida de elementos externos, tales como el polvo, la cubierta que se usa para ambos transportadores helicoidales es de tipo formada calibre 14.

Las especificaciones de la cubierta seleccionada se encuentran en la Tabla D.9 (APÉNDICE D).



Figura 2.30 Cubierta Formada de Artesa.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019]

Entrada de Transportador

El tipo de entrada para ambos transportadores helicoidales es fija a la cubierta, la cual será atornillada. En la Tabla D.10 del APÉNDICE D se detallan la cubierta.



Figura 2.31 Entrada Formada.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019]

Descarga de Transportador

Para ambos Tornillos sinfín se utilizó la descarga estándar (Figura 2.32), sus especificaciones son basadas de acuerdo a los estándares CEMA, y su selección es de acuerdo al espesor de la artesa. (Martin, 2013)

Las características de la descarga seleccionada se observan en el APÉNDICE D (Tabla D.8).

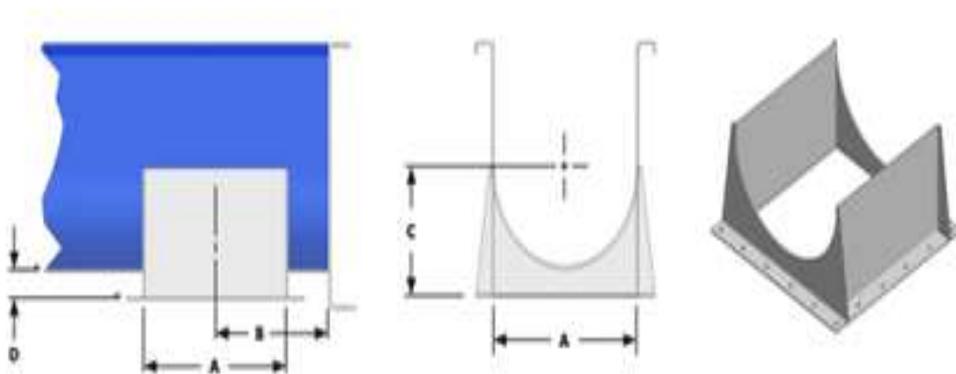


Figura 2.32 Descarga Estándar.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee, 2019]

Bridas para Alimentación y Descarga

Para el diseño de ambos transportadores de tornillo sinfín se utilizaron el mismo tipo de bridas tanto en la alimentación como en la descarga del material, la Figura 2-33 detalla el tipo de brida usada. Las características de las bridas se muestran en el APÉNDICE D (Tabla D.10).

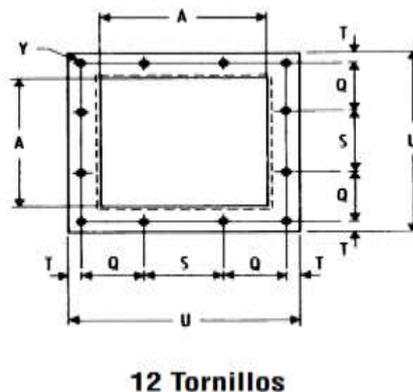


Figura 2.33 Brida para Alimentación y Descarga.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Colgantes

Para la selección de diseño del transportador helicoidal 1 es necesario usar colgante en la unión de sección, ya que con esto se evita una deflexión excesiva justo en ese punto que es el más crítico. Se pudo llegar a esta conclusión al analizar la deflexión al centro del claro en ambos transportadores, en el APÉNDICE C se detalla los cálculos para cada transportador.

EL colgante seleccionado para el transportador es el de estilo 226 (Figura 2.34), su instalación en dentro de la artesa y su aplicación es a prueba de fuga de polvo y de la intemperie y se utilizan con bujes de bronce. (Martin, 2013)

Su especificación se las detalla en el APÉNDICE D Tabla D.11

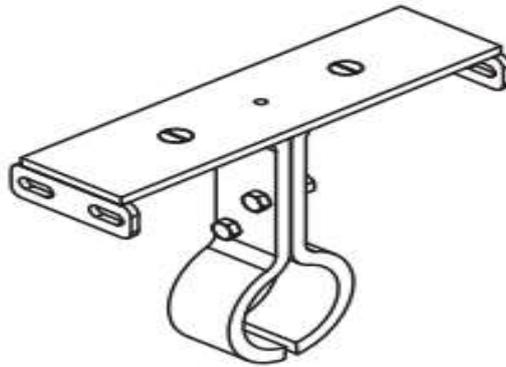


Figura 2.34 Colgante estilo 226.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Rodamientos en tapa

Para el Transportador 1 y Transportador 2 se selecciona rodamientos en tapa, tanto para el lado de la parte motriz como para la parte terminal del transportador. El tipo de rodamiento es de bolas Figura 2.35. Sus especificaciones se encuentran en la Tabla D.12.

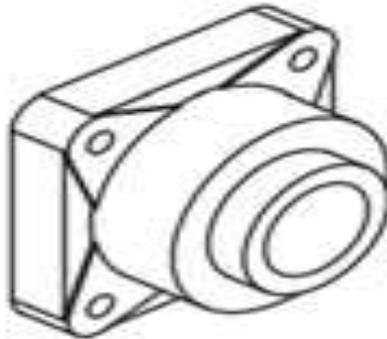


Figura 2.35 Rodamiento de bolas en tapas.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Sellos para ejes

El sello escogido para las tapas de ambos transportadores helicoidales es el sello de caja con estopa (Figura 2.36) recomendado para nuestra aplicación de transporte, este se instala entra la tapa de artesa y el rodamiento. Sus especificaciones se encuentran en la Tabla D.13.

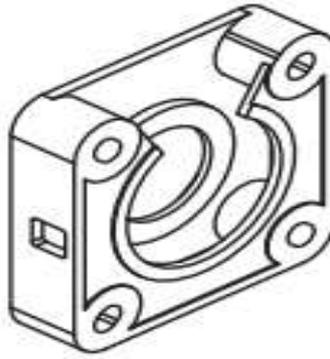


Figura 2.36 Sello de caja con estopa para eje.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Selección de ejes de acoplamiento, motrices y terminales

Eje de Acoplamiento

EL eje escogido fue el estándar (Figura 2.37) y se utiliza en la unión de sección del Transportador 1. Los detalles del eje de acoplamiento se encuentran en la Tabla D.14 del APÉNDICE D.

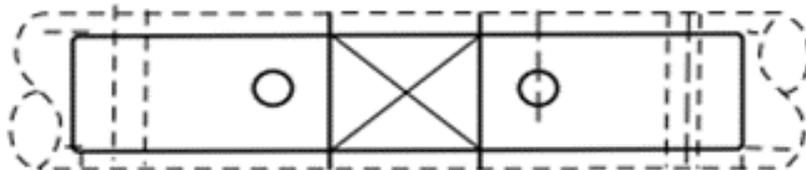


Figura 2.37 Eje para acoplamiento estándar.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Eje Motriz

Los ejes Motrices para ambos transportadores son los #1 (Figura 2.38) según (Martin, 2013), este tipo de ejes son los adecuados para las tapas estándar las cuales son las usadas para ambos transportadores. Los detalles del eje motriz y sus respectivos cuñeros se encuentran en la Tabla D 15 y Tabla D.16 del APÉNDICE D.

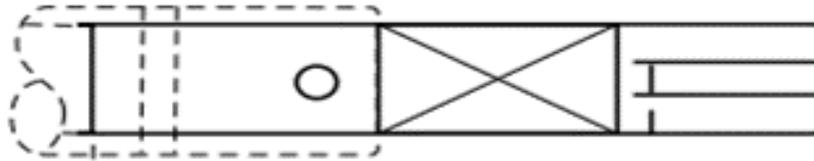


Figura 2.38 Eje motriz #1.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Eje Terminal

El mismo tipo de eje terminal se utilizará para ambos transportadores, los detalles del eje se encuentran en la Tabla D.17.

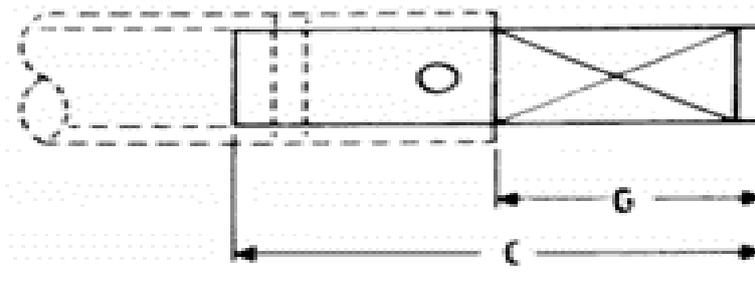


Figura 2.39 Eje terminal usado con sello de caja con estopa.
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Selección de Accionamiento Motriz

Se determina la potencia necesaria para que el transportador de tornillo sinfín opere de la siguiente manera:

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m + HP_i)F_0}{e} \quad (2.49)$$

$$HP_f = \frac{LN F_b f_b}{1000000} \quad (2.50)$$

$$HP_m = \frac{CL \rho F_f F_m}{1000000} \quad (2.51)$$

$$HP_i = \frac{C * h * 1.34}{367} \quad (2.52)$$

Donde:

HP_f = Potencia para mover el transportador vacío.

HP_m = Potencia para mover el transportador con material.

HP_i = Potencia para transportador inclinado.

L = Longitud total del transportar (in).

N = Velocidad de operación, Rpm.

F_d = Factor de diámetro del transportar.

F_b = Factor del buje para colgante.

C = Capacidad en pies cúbico por hora.

ρ = Densidad del material en libras por pie cúbico.

F_f = Factor de helicoidal.

F_m = Factor de material.

F_o = Factor de sobrecarga.

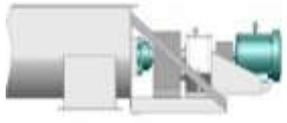
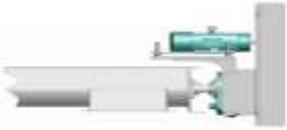
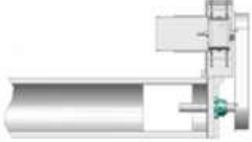
e = Eficiencia de la transmisión.

Se desarrollan las ecuaciones y se detalla la información de las variables en el APÉNDICE E.

Selección de tipo de Transmisión de Potencia.

Se realizó una matriz de selección entre los tipos de arreglos de arreglos más comunes para transportadores helicoidales, existen varios tipos de arreglos de transmisión, pero en la comparación de nuestra matriz de selección se escogieron tres tipos en los cuales se analizaron por su eficiencia, costos e instalación.

**Tabla 2.17 Matriz de decisión para tipo de arreglo de transmisión.
[Elaboración propia]**

Criterios	Peso	e=0.94		e=0.85		e= 0.88	
							
		Acoplamiento en línea directo a transportador.		Transmisión de banda en "V" a reductor para transportador		Transmisión de Motorreductor	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Eficiencia	0.35	9.4	3.29	8.5	2.98	8.8	3.08
Instalación	0.25	8.5	2.13	8.8	2.20	9.0	2.25
Costo	0.40	9.0	3.60	8.5	3.40	8.5	3.40
Total	1		9.02		8.58		8.73

Capacidad torsional de los componentes de los Transportadores Helicoidales

El diseño en general de ambos transportadores se limita por el torque que puede soportar sus componentes, tales como: ejes, tubos y pernos de acoplamiento.

Una vez calculado la potencia con que operaran los transportadores helicoidales se procede a calcular el torque al cual están sometidos sus componentes y se los compara con los valores estándar de la Tabla E.5 del APÉNDICE E. Se debe tener en cuenta que el componente que tenga la menor capacidad torsional será el que dicte cuanto torque puede soportar el transportador en su conjunto. (Martin, 2013)

Para obtener el torque en libra pulgada se utiliza la siguiente ecuación:

$$Torque = \frac{63025 * Hp}{N} \quad (2.53)$$

2.8.5 Sistema de transporte vertical

La capacidad máxima que se transportara en el cangilón es de $TPH = 10.06 \text{ Ton}/H$. Para el diseño de las dimensiones que cumplen esta capacidad de transportar café verde, usamos como referencia el catálogo de Martin (Martin, 2013), y la norma CEMA (CEMA, 2019) para las especificaciones del material.

**Tabla 2.18 Tabla de materiales
[CEMA, 2019]**

Material	Código del material	Serie recomendada
Café Verde	C1/2-25PQ	100(Centrifugo) o 700(Continuo)

El código para que se utiliza, se lo revisa en el apéndice Tabla 0.39, significa que el café verde es:

- C1/2 = Tamaño granular: 1/2" y menor (malla 6 a 1/2")
- 2= Flujo libre
- 5= Abrasidad media
- P= Contaminable, afecta uso
- Q=Degradable, afecta uso

Selección de la serie del cangilón

Se calcula el caudal que será requerido transportar en el elevador, conociendo el flujo masico y su densidad. Además, La densidad del café verde que se utiliza en la planta, es café con un 12% de humedad.

- $TPH = 10.06 \text{ Ton}/H$
- $\rho = 39.3 \text{ lb}/\text{ft}^3$; con 12% de humedad

$$CFH = \frac{TPH * 200}{\rho} \quad (2.54)$$

$$CFH = 559.8 \text{ ft}^3/H$$

Tenemos dos series de elevador que recomienda Martin. Para nuestro caso el elevador más adecuado será la serie 100 o serie de Cangilón Centrifugo.

Una vez seleccionado el cangilón por descarga centrifuga, vemos en el apéndice Tabla 0.40 la capacidad máxima $CFH_{max} = 591 \frac{ft^3}{H}$, con las siguientes especificaciones. Ver Tabla 2.19 continuación.

Tabla 2.19 Elevador cangilón elevación de banda serie 100 [Martin, 2013]

		Banda
	Serie	100
	No de elevador	B85-143
Banda	Ancho [in]	9
	Ppm	250
Tamaño de caja	Ancho [in]	13 ³ / ₄
	Prof [in]	42
Tamaño max de grano	100%	³ / ₄
	10%	3 ¹ / ₂
Polea en tambor	Diámetro [in]	24
	Rpm	39
Polea en bota	Diámetro	16
	Diámetro del eje [in]	2

Banda Serie 100

- Manejan materiales secos, con tamaño de partícula de pequeño a mediano y que son moderado, medianamente o extremadamente abrasivos. (Martin, 2013)
- El café verde es tamaño granular pequeño de 1/2" y abrasidad media.

Cangilón

- La capacidad corresponde a cangilón tipo AA. (Martin, 2013)
- La forma del cangilón corresponde al estilo C se utiliza para manejar materiales húmedos o pegajosos.

Banda

- Material de cinta de poliéster 100% en un marco de PVC o con varias capas recubiertas de goma (Martin, 2013)

2.8.6 Dimensiones del elevador

El dimensionamiento externo del cangilón viene dado también por Martin, por medidas máximas, el cual pueden ser modificada o recalculadas dependiendo de nuestro diseño. Ver Tabla 2.20 y

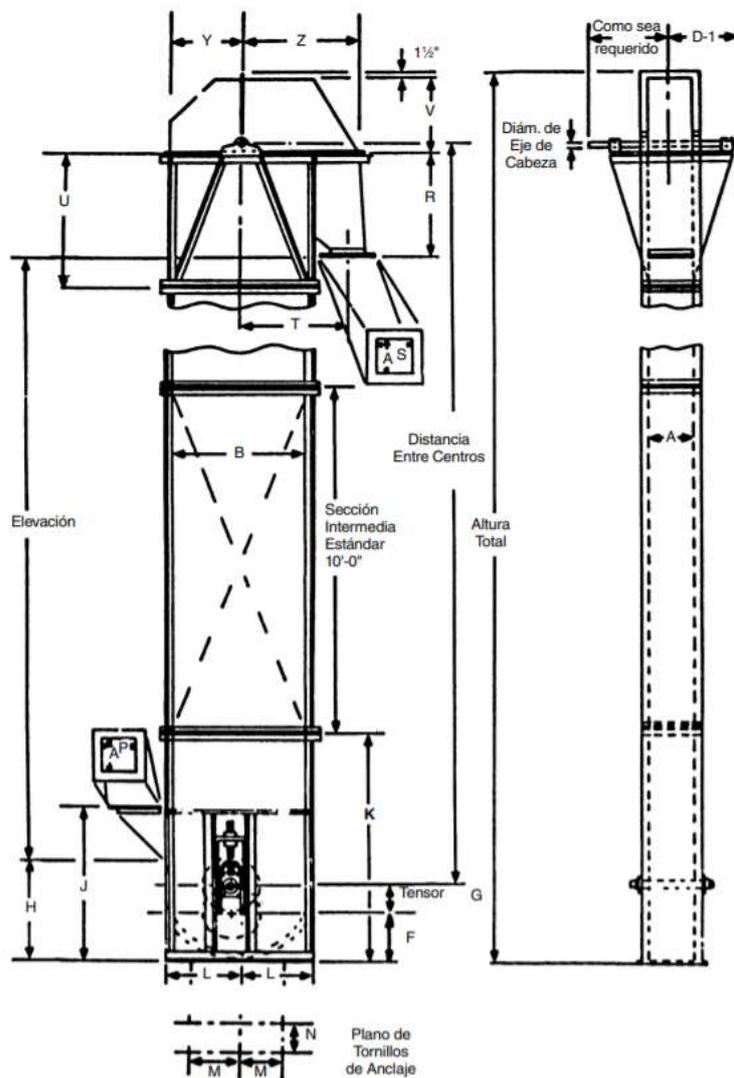
Tabla 2.21, tanto para las dimensiones del cuerpo, la bota y cabeza.

**Tabla 2.20 Dimensiones del elevador cangilón serie 100
[Martin, 2013]**

	CUERPO		BOTA								
	A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P
banda [in]	13 ³ / ₄	42	16	9	32 ¹ / ₂	50	72	21	18	17 ¹ / ₂	13
banda [cm]	34.93	106.68	40.64	22.86	82.55	127.00	182.88	53.34	45.72	44.45	33.02

**Tabla 2.21 Dimensiones del elevador cangilón serie 100
[Martin, 2013]**

	CABEZA								
	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1	
banda [in]	32 ³ / ₄	10	33 ¹ / ₄	42	24	21	36 ¹ / ₄	15 ¹ / ₂	
banda [cm]	83.19	25.40	84.46	106.68	60.96	53.34	92.08	39.37	



**Figura 2.40 Dimensiones de elevador cangilón
[Martin, 2013]**

Altura del cangilón y distancia entre centro.

Para la altura total, se toma en cuenta las limitaciones de espacio y la ubicación del mismo, también la descarga a la salida del equipo de limpieza. Para nuestro caso se diseñará para diferentes alturas cada elevador. Ver Figura 2.41 del plano de planta, se observa los 3 elevadores, donde dos de ellos tienen la misma altura que descargarán al sistema de limpieza y el tercero tendrá una altura mayor, donde este descargará al sistema de alimentación de la tolva.

Se iniciará con el diseño del primer elevador para la descarga al sistema de limpieza. Se diseñará para una altura de 8.5m de alto

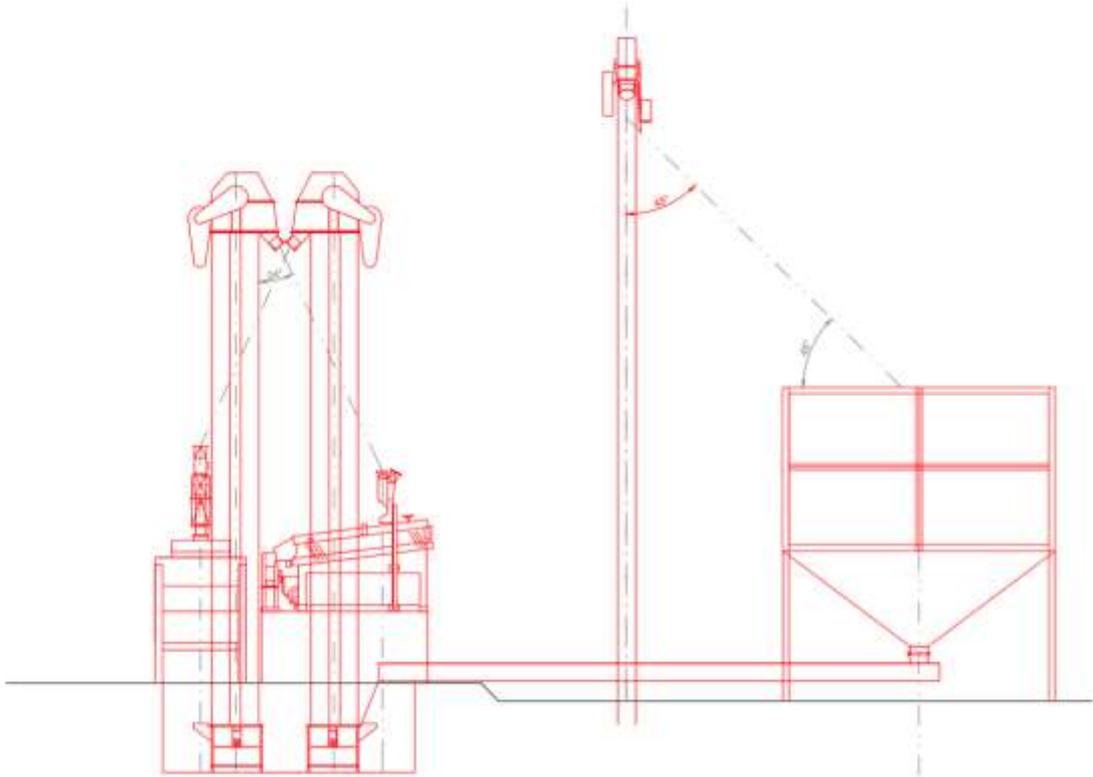


Figura 2.41 Elevador cangilón en la planta.
[Elaboración propia]

Para encontrar la distancia entre centro, se toma en cuenta la distancia entre la cabeza y la bota.

Y= distancia entre centro

F= distancia de la base a la Cangilón= 16"

Tensor= distancia del Cangilón a la bota $\approx F/2 = 8"$

V= distancia del eje del tambor al techo del elevador= 24"+1½"

H= altura total= 8.5 m= 334.65"

$$Y = H - F - Tensor - V \quad (2.55)$$

$$Y = 285.15'' = 7.24 \text{ m}$$

**Tabla 2.22 Dimensión de la altura primer y tercer cangilón
[Elaboración propia]**

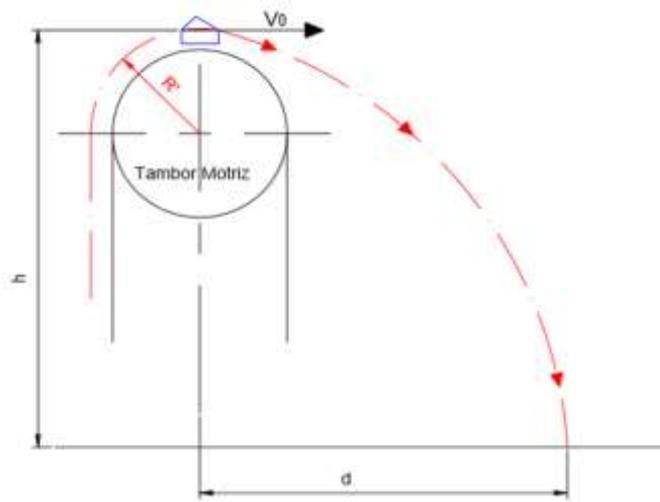
	[m]	[ft]	[in]
Altura total	8.50	27.89	334.65
Distancia entre centro	7.24	23.76	285.15

Velocidad lineal

V_o = velocidad lineal

h = altura de la descarga a la recepción= 1.79 m

d = distancia del tambor a la recepción de descarga= 0.6 m



**Figura 2.42 Descarga del material
[Elaboración propia]**

$$V_o = \frac{d}{t} \quad (2.56)$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2.57)$$

Al reemplazar se tiene:

Velocidad de descarga $V_o = 0.99 \text{ m/s}$

Tiempo en caer $t = 0.60 \text{ s}$

Selección del cangilón

Del catálogo de Martin, se seleccionó el cangilón Estilo AA.

- Cangilones de descarga centrífuga de materiales de flujo relativamente libre.
- Material de Hierro dúctil

Tabla 2.23 Dimensión cangilón
[Martin, 2013]

Tamaño del cangilón				Peso [lb]	Capacidad [ft ³]
A [in]	B [in]	C [in]	Espaciado [in]		
8	5	5.5	16	4.8	0.07

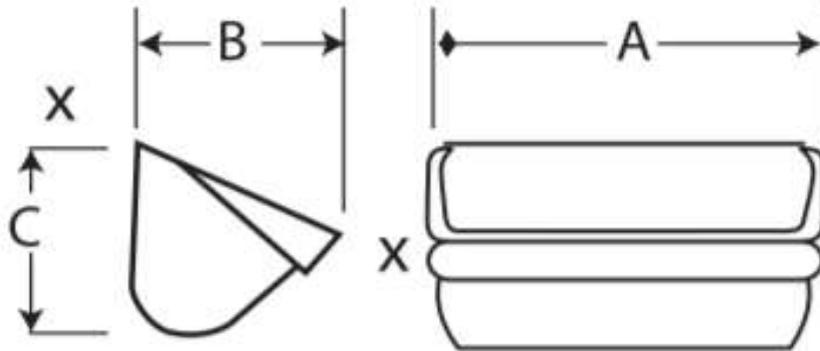


Figura 2.43 Cangilón dimensión
[Martin, 2013]

Velocidad angular

D1= diámetro del tambor o cabeza= 22"

e= espesor de banda = 6 mm

C= centroide del cangilón a la banda $\approx 5.5''/2 = 2.6''$

R'= radio de eje del cabezal al centroide del cangilón

ω = velocidad angular del eje del cabezal

V= velocidad de la banda

$$R' = \frac{D1}{2} + e + C \quad (2.58)$$

$$\omega = \frac{V_o}{R'} \quad (2.59)$$

$$V = R'\omega \quad (2.60)$$

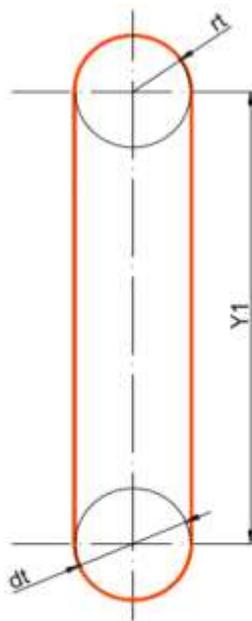
Reemplazando:

Radio de giro $R' = 35.14 \text{ cm}$

Velocidad angular de giro $\omega = 2.83 \text{ Rad/s} = 27.02 \text{ RPM}$

Velocidad de la banda $V = 0.79 \text{ m/s}$

Longitud de la banda



**Figura 2.44 Banda del elevador
[Elaboración propia]**

$D_1 = \text{radio del tambor} = 24''$

$D_2 = \text{radio de la bota} = 16''$

$Y = \text{distancia entre centro} = 285.15''$

$L = \text{longitud de la banda}$

$$L = 2Y + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} \quad (2.61)$$

$$L = 633.12'' = 52.76'$$

Paso entre cangilón

e= espaciado entre cangilón= 16''

C= dimensión de altura de caja cangilón= 5.5''

p= paso entre cangilón

$$p = e + C \quad (2.62)$$

$$p = 21.2'' = 1.77'$$

Numero de Cangilones

N= número de Cangilones

L= longitud de la banda

p= paso entre cangilón

$$N = \frac{L}{p} \quad (2.63)$$

$$N = 29.9$$

Serían necesarios entonces 30 Cangilones.

Perforación de cangilón en banda

Para la perforación de cangilón en la banda, Martin y la norma CEMA nos recomienda para el cangilón tipo AA

Tabla 2.24 Perforación de Cangilón (Banda)
[CEMA, 2013]

Cangilones de Acero Estilo AA			
Perforación	A [in]	B [in]	Diámetro del perno [in]
B-6	3	7/8	1/4 - 5/16

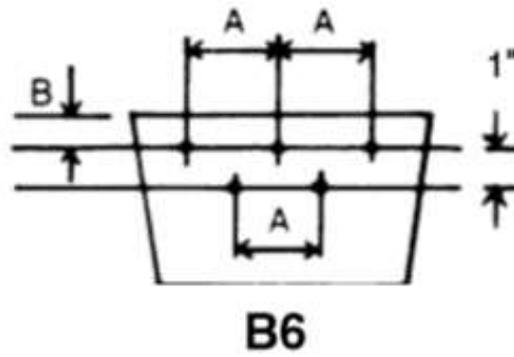


Figura 2.45 Perforación en cangilón
[CEMA, 2013]

Tornillos para Cangilones

Se dan las especificaciones del tornillo a seleccionar. También, la cantidad de tornillo y el número de perforaciones en la banda

Tabla 2.25 Tornillo de Cangilón (Banda)
[Martin, 2013]

No elevador	Tornillos para Cangilones y Roldanas (Tornillos Norway)		Banda	
	Tamaño [in]	cantidad	No. de Perforaciones a hacer en la Banda	longitud [ft]
B85-143	0.25 x 1.25	150	165	57.52

Potencia requerida

P_t= potencia total

P_m= potencia mecánica

P_i= potencia inercial

$$P_t = P_m + P_i \quad (2.64)$$

Para la potencia mecánica se tiene las siguientes variables:

V= velocidad de la banda = 0.79 m/s

W_t= peso total = peso de cada cangilón vacío + peso de material transportado

peso de cada cangilón vacío= 4.8 lb

Cs= número de Cangilones por segundo= 1.67 /s

p= densidad del café = 39.3 lb/ft³

V= volumen del cangilón= 0.07 ft³

N= cantidad de Cangilones de subida = 15

$$P_m = F * V \quad (2.65)$$

$$F = N * W_t * C_s \quad (2.66)$$

$$W_t = p * V + 4.8 \quad (2.67)$$

Al reemplazar nos queda:

Peso total a transportar la subida $W_t = 7.55 \text{ lb}$

Fuerza de subida $F = 189.54 \text{ lb}$

Potencia mecánica $P_m = 618.43 \text{ lb ft/s} = 1.12 \text{ HP}$

Para la potencia total, se le debe sumar la potencia inercial necesaria para vencer las fuerzas inerciales que depende del peso de las partes de los sistemas y el dimensionamiento.

Puesto que no conocemos la potencia inercia, para evitar la probabilidad de falla, se asumirá que la potencia inercial será un 50% de la mecánica. Entonces,

$$P_t = 1.5 * P_m = 1.69 \text{ HP}$$

La potencia necesaria requerida $P_t = 2 \text{ HP}$

Selección del motor y reductor

Se plantea tres diferentes alternativas de reducción de velocidad, para reducir de 1750RPM del motor hasta los 29RPM requerido que necesita el eje. En la siguiente Tabla 2.26, se plantea diferentes formas de transmisión de velocidad del motor al eje. Donde se considera los criterios de: eficiencia, instalación y costo. Para nuestro caso el criterio de costo, tendrá el mayor peso, debido que es una restricción de diseño, minimizar el costo en los equipos. Seguido de la eficiencia, como criterio para evitar las

pérdidas de energía entre diferentes conexiones entre equipo de transmisión. Y por último la instalación, como criterio de realizar la instalación y conexión entre el equipo al eje.

**Tabla 2.26 Selección de alternativa en sistema de reducción
[Elaboración propia]**

Criterio	Peso						
		Motor de transmisión con reducción de banda y polea, y caja reductora.		Motorreductor con transmisión directa al eje		Motorreductor con freno electromecánico, y transmisión directa al eje	
		Califica.	Pondera.	Califica.	Pondera.	Califica.	Pondera.
Eficiencia	0.3	7	2.1	9	2.7	9	2.7
Instalación	0.2	6	1.2	9	1.8	9	1.8
Costo	0.5	7	3.5	8	4	7	3.5
Total	1		6.8		8.5		8.0

La mejor opción para nuestro caso fue el motorreductor debido a sus ventajas, en costo, alta eficiencia y facilidad en la instalación.

(INDUSTRIAS FAMA)

Las especificaciones del motorreductor seleccionado son las siguientes:

**Tabla 2.27 Motorreductor MVS
[Catalogo FAMA]**

MOTOREDUCTOR TRIFASICO	
MODELO MVS	
TAMAÑO 102	
CARGA VARIABLE	
HOJA TECNICA 1182	
Reducción	1:60
N salida [RPM]	29
N entrada [RPM]	1750
Torque Nm	386
Potencia [HP]	2
Fs [factor de servicio]	1



**MOTO REDUCTOR
MODELO MVS.**

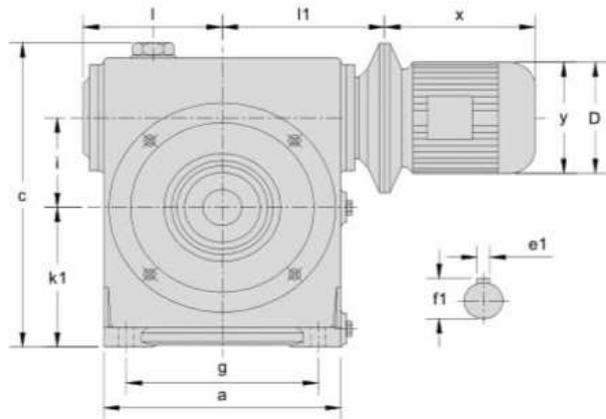


Figura 2.46 Ima Izq. Motorreductor MVS; Ima Der. Dimensiones motorreductor [Catalogo FAMA]

Las dimensiones del motorreductor en [mm], son las siguiente:

Tabla 2.28 Dimensiones motorreductor [Catalogo FAMA]

Tamaño	Motor [HP]	a	c	e1	f1	g	i	k1	l	l1	x	y	D
102	3	225	302	12	45.1	180	102	140	130	145	277	1811	200

2.8.7 Análisis de fuerza

Se calcula el peso el tambor, donde el tambor será hueco por dentro.

- El material es hierro fundido; $\rho = 7300 \text{ Kg/m}^3$
- $D = \text{diámetro externo} = 24'' = 60.96 \text{ cm}$
- $d = \text{diámetro interno} = 23.5'' = 59.69 \text{ cm}$
- $e = \text{espesor} = 0.25'' = 6.35 \text{ mm}$
- $L = \text{largo del tambor} = \text{ancho de la banda} + 25[\text{mm}]$
- $\text{Ancho de la banda} = 9'' = 22.86 \text{ cm}$
- $m = \text{masa del tambor}$
- $W = \text{peso del tambor}$

$$L = \text{ancho de banda} + 25[\text{mm}] \quad (2.68)$$

$$W = \rho \left(\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * L + \frac{\pi d^2}{4} * e \right) g \quad (2.69)$$

Al reemplazar se tiene que:

El largo de la banda $L = 25.36 \text{ cm}$

Masa del tambor $m = 33.25 \text{ Kg}$

Peso del tambor $W = 345.81 \text{ N}$

Para encontrar la relación de tensión en las bandas de la polea del tambor, entre la banda tensa y la banda floja, es:

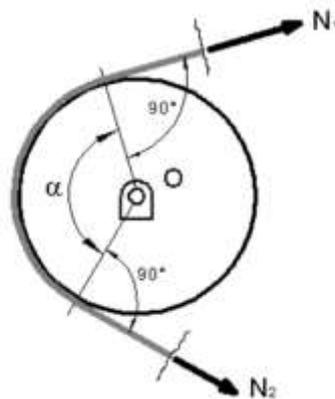


Figura 2.47 Rozamiento polea y correa
[Mecapedia, 2006]

F_1 = Fuerza de tensión de la banda templada

F_2 = Fuerza de tensión de la banda floja

μ = coeficiente de fricción (caucho de la banda) = 0.5

β = arco de contacto= π

P = potencia del eje= 2HP = 1492 W

V_0 = velocidad de descarga= 0.99 m/s

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu * \beta} \quad (2.70)$$

$$F_1 - F_2 = \frac{P}{V_0} \quad (2.71)$$

Al reemplazar se obtiene:

Fuerza de banda templada $F_1 = 1894.08 N$

Fuerza de banda floja $F_2 = 393.74 N$

Diseño del eje

Se diseñará el diámetro del eje del tambor, ver Figura 2.48, donde se toma una consideración:

- El peso del tambor se asumirá como carga puntual y no distribuida. Ayudará a que sea más crítica la carga que tendrá que soportar el eje.
- La tensión de la banda también se la asumirá como carga puntual.
- La longitud total del eje se considera tomando en cuenta la limitación en la dimensión de la carcasa externa de la cabeza, ver Figura 2.48, que sería dos veces la longitud $D-1 = 15\frac{1}{2}''$
- El extremo del eje ira conectado directo al motorreductor por medio de un acople mecánico.
- El tambor y el eje estarán unido mediante un acople mecánico del tipo sit lock (Sit Lock).

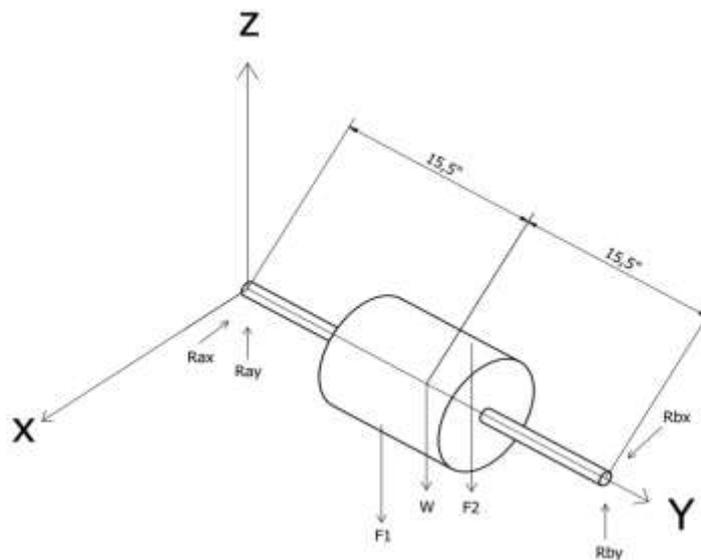


Figura 2.48 DCL de la eje y tambor
[Elaboración propia]

F_1 = fuerza de banda tensa= 1 894.08 N

F_2 = fuerza de banda floja= 393.74 N

W = peso del tambor= 345.81 N

Realizar el DCL al eje, ver Figura 2.48, se calcular las reacciones.

$$R_{ay} + R_{by} - F_1 - F_2 - W = 0 \quad (2.72)$$

Por simetría la reacción en A y la reacción en B, son las misma, entonces:

$$R_{ay} = R_{by} = 1\,316.81\,N$$

Al realiza el diagrama de fuerza cortante y de momento flector y se obtiene su momento máximo.

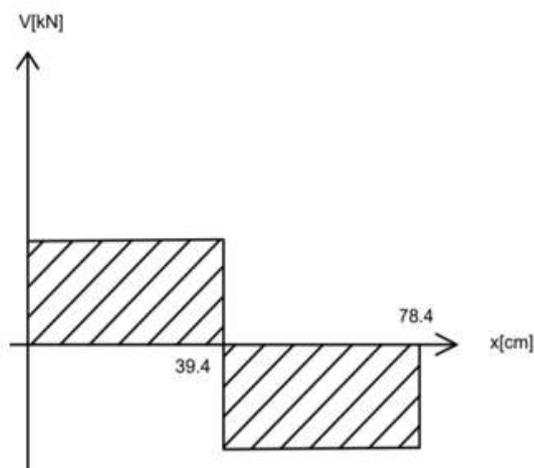


Figura 2.49 Diagrama de fuerza cortante [Elaboración propia]

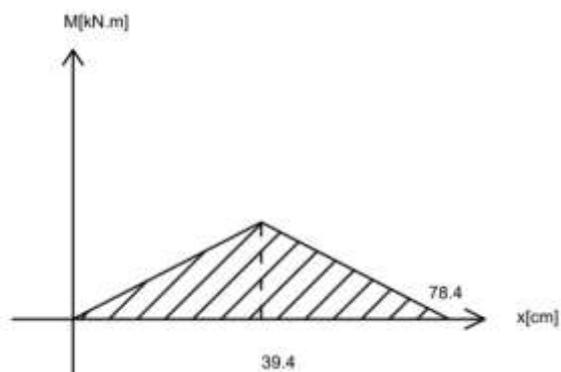


Figura 2.50 Diagrama de momento flector [Elaboración propia]

$$M_{max} = 518.43 \text{ Nm}$$

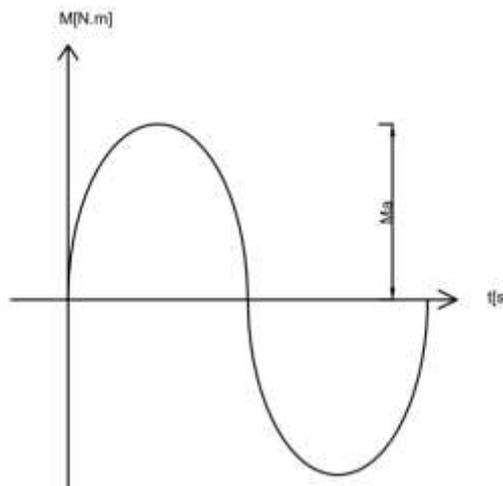
Se conoce el torque constante en el eje entregado por el motorreductor, ver Tabla 2.27

$$T = 386 \text{ Nm}$$

Para calcular el diámetro del eje se usará la fórmula de Von Misses (Norton, 2011), para fatiga:

$$d = \left\{ \frac{32 N}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(k_f M_a)^2 + \frac{3}{4} (k_{fs} T_a)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(k_{fm} M_m)^2 + \frac{3}{4} (k_{fsm} T_m)^2}}{S_{ut}} \right] \right\}^{1/3} \quad (2.73)$$

- Puesto que el eje gira, provoca cargas rotativas, que experimenta carga de flexión invertidas en el tiempo.

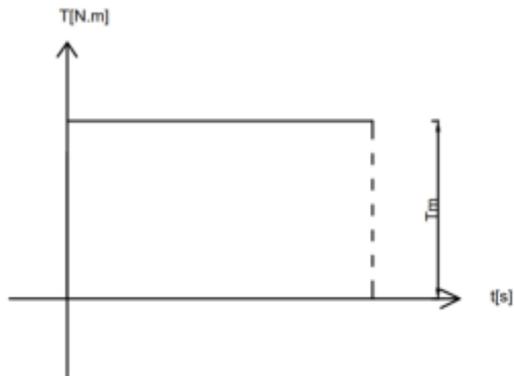


**Figura 2.51 Carga de flexión invertida en el tiempo
[Elaboración propia]**

$$M_a = M_{max} = 574.72 \text{ Nm}$$

$$M_m = 0$$

- El torque transmitido en el eje se mantiene constante en el tiempo.



**Figura 2.52 Carga de torsión constante en el tiempo
[Elaboración propia]**

$$T_a = 0$$

$$T_m = T = 386 \text{ Nm}$$

El material del eje de transmisión, se selecciona el acero AISI/SAE 1018, rolado en frío del catálogo de DIPAC (DIPAC S.A.):

S_y = resistencia a la fluencia = 34 Kpsi = 235 Mpa

S_{ut} = resistencia última a la tensión = 67 Kpsi = 465 Mpa

Ahora se toma en cuenta los concentradores de esfuerzo que están presente en el eje:

k_t = concentrador de esfuerzo por flexión = 3.5

k_{fs} = concentrador de esfuerzo por torsión = 2

r = radio de muesca asumido ≈ 0.01 mm

q = sensibilidad a la muesca para un material a 465 Mpa = 0.5

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (2.74)$$

$$k_{fm} = k_f \quad (2.75)$$

$$k_{fsm} = k_{fs} \quad (2.76)$$

Se reemplaza y se obtiene

$k_f = k_{fm} = \text{concentrador de esfuerzo por fatiga por flexión} = 2.25$

$k_{fsm} = \text{concentrador de esfuerzo por fatiga por torsión} = 2$

Para determinar la resistencia a la fatiga, se toma en cuenta los siguientes factores:

$$S_e = C_{carga} C_{tamaño} C_{superf} C_{temper} C_{confia} * 0.5 * S_{ut} \quad (2.77)$$

$C_{carga} = \text{factor de corrección por carga} = 1 \text{ (flexión)}$

$C_{tamaño} = \text{factor de corrección por tamaño} = 1 \text{ (asumido, depende del diámetro del eje)}$

$C_{superf} = \text{factor de corrección por superficie} = 0.8 \text{ (rolado en frío, para } S_{ut} = 68 \text{Kpsi)}$

$C_{temper} = \text{factor de corrección por temperatura} = 1 \text{ (para } T < 450^\circ\text{C)}$

$C_{confia} = \text{factor de corrección por confiabilidad} = 0.897 \text{ (confiabilidad al 90\%)}$

$S_{ut} = \text{Resistencia última a la tensión} = 465 \text{ MPa}$

Al reemplazar se tiene:

Una resistencia a la fatiga $S_e = 167 \text{ MPa}$

Teniendo todos los parámetros hallados y asumiendo un factor de seguridad $N = 2$; se procede a reemplazar en la ecuación (2.73)

Diámetro mínimo del eje $d = 55.6 \text{ mm} = 2.19''$

Para nuestro eje se selecciona del catálogo de DIPAC, un eje disponible igual a

$$d = 2 \frac{1}{4}'' = 57.2 \text{ mm}$$

Buje de fijación

El acople que conectara el eje al tambor se escoge del catálogo SIT LOCK (Sit Lock). Con el diámetro del eje se selecciona el acople.

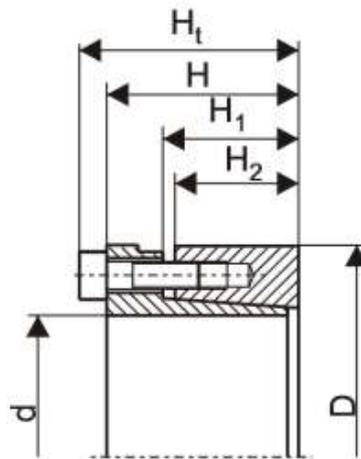


Figura 2.53 Acople Sit lock autocentrado
[Catálogo SIT LOCK, 2018]

Tipo de acoplamiento= auto centrado

Diámetro del eje= 55.6 mm

Torque máximo de apriete= 418 Nm

Tipo de Tornillo de apriete= M8

Cantidad= 9

Longitud= 51

Par de apriete= 4.1 N

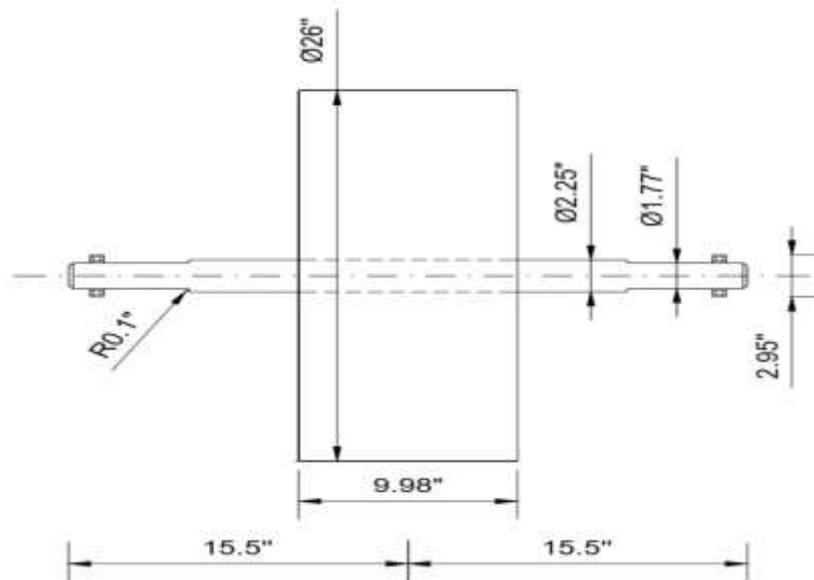
Tolerancia eje= h8

Tolerancia buje= H8

Selección del rodamiento y chumacera

Ya conociendo las reacciones R_a , R_b y diámetro del eje, se puede seleccionar los rodamientos para el eje. Se considera que el eje del tambor y el eje del motorreductor, deben tener el mismo diámetro, ver Figura 2.54. Entonces se maquinará el eje del tambor en cada lado del extremo, para

reducirlo hasta el diámetro del eje del reductor. Se seleccionará los rodamientos del catálogo SKF. (SKF, 2015)



**Figura 2.54 Vista frontal del eje y tambor
[elaboración propia]**

$P = F_r =$ carga radial resultante aplicada al eje = $R_a = R_b = 1.32 \text{KN}$

$d =$ diámetro del eje interno = 45mm

$N =$ velocidad angular = 36.03RPM

$p = 3$ (bolas)

Se busca en el catálogo SKF, con el diámetro interno y se selecciona el rodamiento

Designación del rodamiento: 6009

Rodamiento rígido de una hilera de bolas

$D =$ diámetro externo = 75mm

$C =$ capacidad de carga básica dinámica = 22.1KN

$C_o =$ capacidad de carga básica estática = 14.6KN

S_0 = factor de seguridad estático

L_{10} = vida nominal con 90% de confiabilidad

L_{10h} = horas de funcionamiento

$$S_0 = \frac{C_0}{P} \quad (2.78)$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2.79)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 N} L_{10} \quad (2.80)$$

Al reemplazar se tiene:

Factor de seguridad estático $S_0 = 11.9$

Vida nominal básica $L_{10} = 4\,727.19$

Horas de funcionamiento $L_{10h} = 2\,915\,765 \text{ Horas}$

Para la selección de la chumacera se necesita conocer el diámetro interno del eje. Se selecciona del catálogo de SKF:

d= diámetro interno = 45 mm

H= altura total del cojinete= 107 mm

Material de soporte = fundición

Designación por unidad de rodamiento= SY 45 TF

Designación por rodamiento= YAR 209-2F



Figura 2.55 Imagen Izq. Rodamiento 6009; Imagen Der. Chumacera SY45 TF [Catalogo SKF, 2015]

Acoples mecánicos

El acople utilizado para conectar el eje con el motorreductor, se usa el catálogo RINGSPANN. (RINGSPANN, 2018) Conociendo el diámetro del eje se puede seleccionar el acople más adecuado.



Figura 2.56 Acople mecánico de eje [Catalogo RINGSPANN, 2018]

Tipo de acoplamiento=RWK500

Diámetro del eje= 45 mm

Torque máximo de apriete= 1 050 Nm

Tipo de Tornillo de apriete= M8

Cantidad= 6

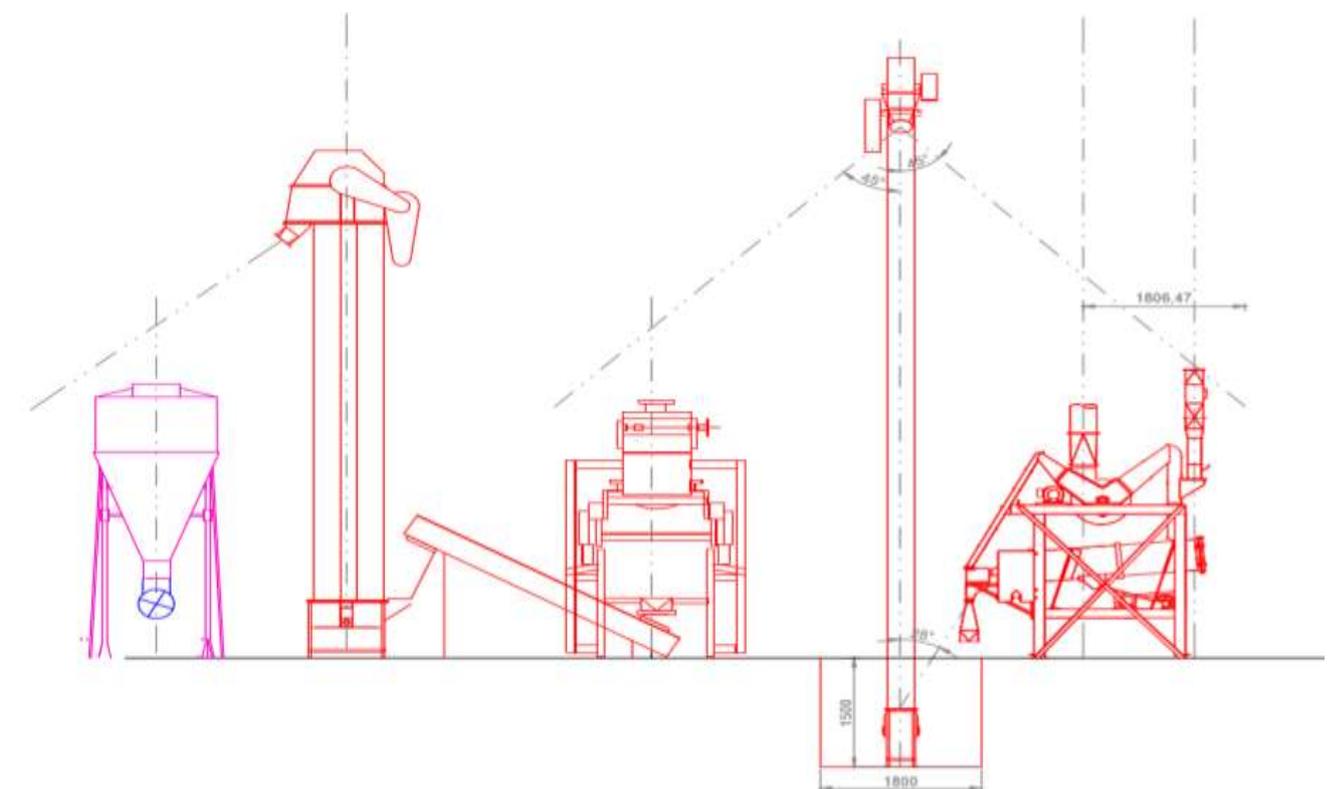
Longitud= 80

Par de apriete= 37 N

2.8.8 Selección de Sistema de Limpieza y de Pesado

La selección de los equipos del sistema de limpieza y pesado mencionados en la Sección 1.4.5 tales como, la pre limpiadora, despedradora y balanza se realizó a través de matrices de decisión tal como muestra la Tabla 2.29,

Tabla 2.30, y Tabla 2.32, en donde se compararon diferentes alternativas en base al costo, la eficiencia y la instalación, ya que son los criterios más importantes a tomar en cuenta en cada selección. Además de que deberán operar para la capacidad requerida de diseño.



**Figura 2.57 Vista frontal de la planta
[Elaboración Propia]**

Pre Limpiadora

- Alternativa A: Limpiadora, Crippen Century 388, con campana de absorción y ventilador de absorción (volumen de aire 13200 metros cúbicos por hora).
- Alternativa B: Pre Limpiadora, Pinhalense PRELI-1, con cubierta de aspiración (volumen de aire 10200 metros cúbicos por hora).

**Tabla 2.29 Matriz de decisión de pre limpiadora.
[Elaboración propia]**

Criterios	Peso	Alternativa A		Alternativa B	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Eficiencia	0.35	8.4	2.94	9.0	3.15
Instalación	0.25	8.0	2.00	8.5	2.13
Costo	0.40	8.3	3.32	9.2	3.68
Total	1		8.26		8.95

La mejor Alternativa es la Pre Limpiadora PRELI-1 ya que cumple de mejor manera con los criterios y especificaciones requeridas. En la Tabla F-1 y Tabla F-2 del APÉNDICE F se muestra sus características principales.



**Figura 2.58 Pre limpiadora PRELI-1
[Manual Pinhalense]**

Despedradora

- Alternativa A: Despedradora, Oliver 6048M Master, con campana de polvo y ventilador de absorción (volumen de aire 11900 metros cúbicos por hora).

- Alternativa B: Despedradora, Pinhalense Flutuar CPFBNR-4A, con cubierta de aspiración (volumen de aire 10400 metros cúbicos por hora).

Tabla 2.30 Matriz de decisión de pre limpiadora.
[Elaboración propia]

Criterios	Peso	Alternativa A		Alternativa B	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Eficiencia	0.35	8.7	3.05	9.0	3.15
Instalación	0.25	8.5	2.12	8.5	2.13
Costo	0.40	8.3	3.32	8.8	3.52
Total	1		8.26		8.80

La mejor Alternativa es la Despedradora Flutuar CPFBNR-4A. En la Tabla F-3 y Tabla F-4 del APÉNDICE F se muestra las especificaciones principales.



Figura 2.59 Despedradora Flutuar CPFBNR-4A
[Manual Pinhalense]

Ciclones

Para cada máquina de limpieza previamente seleccionada: Pre-Limpiadora y Despedradora, se dimensiona y selecciona un tipo de ciclón.

Los ciclones serán alimentados por tuberías de acero inoxidable por donde se transporta el volumen de aire y material particulado provenientes de cada máquina de limpieza.

Antes de realizar el dimensionamiento de ciclones se debe conocer previamente ciertos parámetros, tales como:

- Tipo y dimensiones de la tubería.
- Caudal de corriente de aire.
- Perdidas de carga en las tuberías.
- Tamaño de partículas.

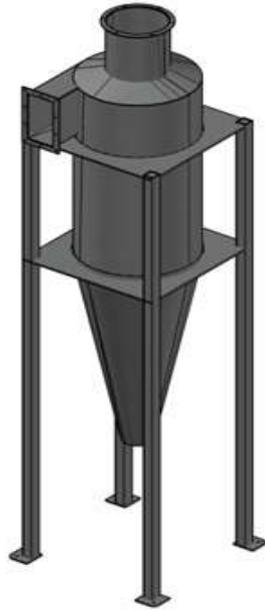
Para el dimensionamiento óptimo de los ciclones se deben satisfacer ciertas limitaciones y parámetros de diseño para evitar caída de presión.

(Echeverri Lodoño Carlos Alberto, 2006)

Tabla 2.31 Parámetros para dimensionamiento de ciclones.
[Elaboración propia]

PARÁMETRO	VALOR
Diámetro del ciclón (Dc)	< 1.2 m
Caída de presión	< 2788 Pa
Relación de velocidades (Vi/VS)	< 1.35
Velocidad de entrada	15.2 – 30 m/s
Longitud natural del ciclón	L < H-S

Para ambas máquinas de limpieza se selecciona el ciclón de alta eficiencia para partículas suspendidas de tipo Stairmand, la relación para el dimensionamiento se las puede observar en la Tabla F.5 (APÉNDICE F).



**Figura 2.60 Ciclón tipo Stairmand
[Elaboración Propia]**

Balanza

- Alternativa A: Balanza Batcheadora de flujo continuo
- Alternativa B: Balanza de impacto de flujo continuo.

**Tabla 2.32 Matriz de decisión de Balanza Batcheadora.
[Elaboración propia]**

Criterios	Peso	Alternativa A		Alternativa B	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Eficiencia	0.35	9.2	3.22	9.0	3.15
Instalación	0.25	8.8	2.22	8.2	2.13
Costo	0.40	8.6	3.44	8.8	3.52
Total	1		8.88		8.80

La mejor Alternativa es la Balanza batcheadora. En la Tabla F-6 y Tabla F-7 del APÉNDICE F se muestra las especificaciones principales.



**Figura 2.61 Balanza Batcheadora
[Manual Pinhalense]**

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de Resultados

En este capítulo se muestran los valores que han sido calculados del capítulo anterior, analizándolos para cada sistema del proceso, además se detallan los resultados obtenidos en la modelación de diferentes parámetros con el software de elementos finitos ANSYS.

3.1.1 Sistema de Alimentación

La tolva de alimentación tiene una capacidad de 70 m^3 m, sus dimensiones se muestran en la Figura 3.1, el material a usar para su construcción son planchas de acero inoxidable AISI 304 de 4mm y ángulos AL 70x6 de acero A36.

Para su estructura soporte se usó perfiles IPE2 220 de acero A36.

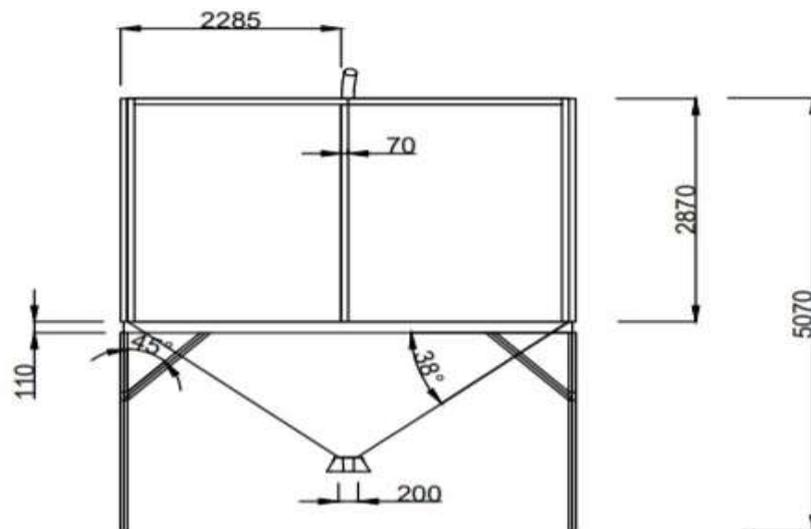


Figura 3.1 Dimensiones de tolva de alimentación.
[Elaboración propia]

En la tolva de alimentación se realizaron los cálculos en Excel de las ecuaciones mencionadas en la sección 2.8.2, donde la variable es la presión a diferente altura o diferentes puntos de la tolva, tanto en las paredes verticales como en el fondo de tolva.

En la Figura 3.2 y Figura 3.3, se muestran las presiones de llenado y descarga de la tolva de alimentación, en estas figuras se puede analizar el comportamiento de las presiones en toda la tolva.

Una vez definidas las presiones a la que la tolva de alimentación se encuentra sometida, se realizó el análisis de elementos finitos por ANSYS.

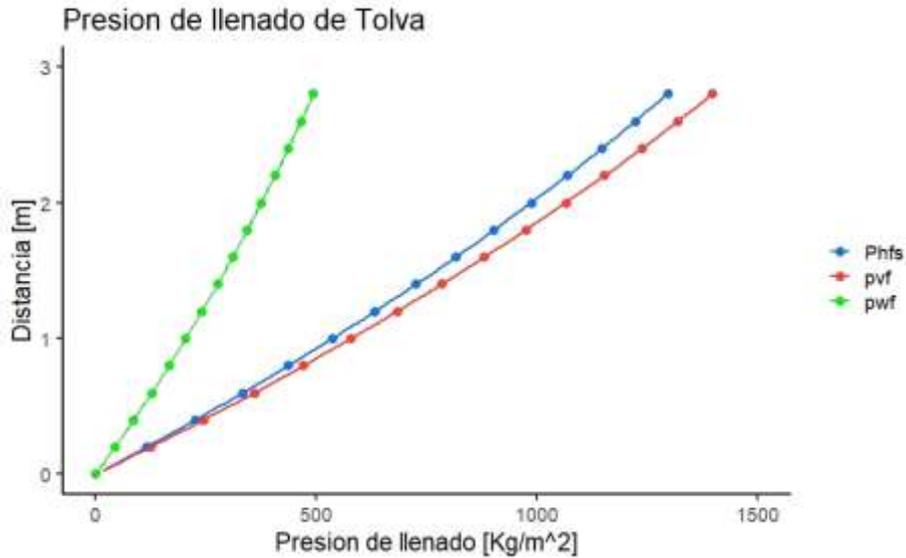


Figura 3.2 Presiones de llenado tolva de alimentación.
[Elaboración propia]

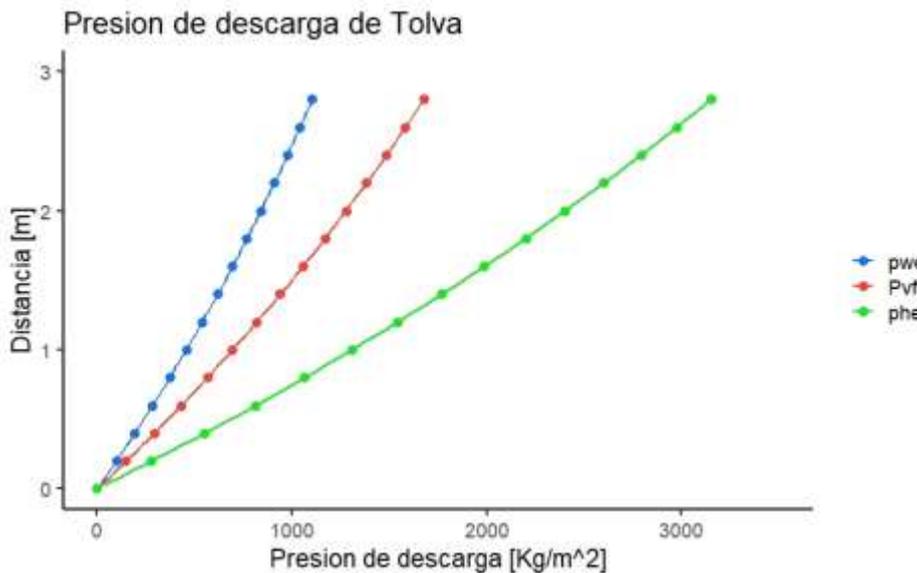


Figura 3.3 Presiones de descarga tolva de alimentación.
[Elaboración propia]

En la Figura 3.4 se observan los esfuerzos en la tolva y su estructura soporte, donde se puede apreciar que, en la mayor parte de la estructura de la tolva posee valores cercanos a 21342 Pa, lo cual es un valor menor al límite de la fluencia del acero Inoxidable. Se puede apreciar que los máximos esfuerzos se encontraran en el fondo de las caras laterales, debido a la geometría y los apoyos en el modelado.

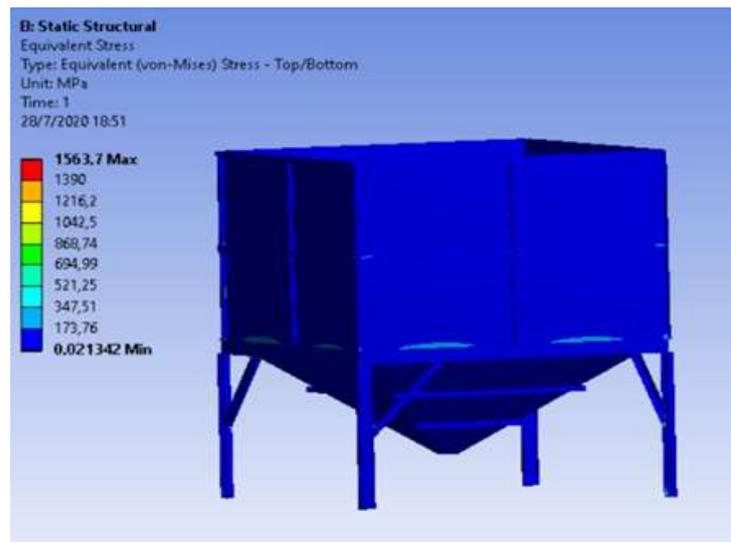


Figura 3.4 Esfuerzo Equivalente de Von-Mises de la Tolva.
[Elaboración propia]

En la Figura 3.5 se analizaron las deformaciones totales, y se pudo observar que la deformación máxima fue así misma en las caras laterales del cuerpo, donde esta fue de 19 mm, siendo este un valor aceptable tomando en cuenta las dimensiones de la tolva. Se observa claramente que en fondo y en la estructura soporte de la tolva no se encuentra muy afectada, ya que las deformaciones son mínimas.

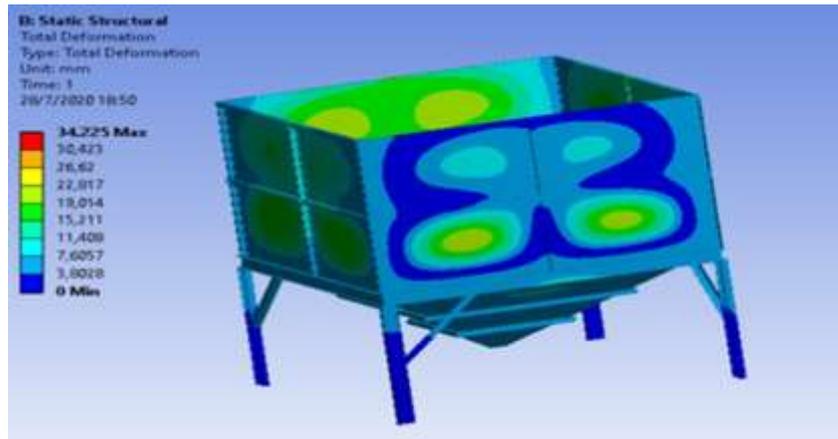


Figura 3.5 Deformación Total de la Tolva y Soporte.
[Elaboración propia]

La Figura 3.5 se muestra cómo se comporta el factor de seguridad el cual oscila en diferentes puntos entre 1.8 a 15, siendo en su mayoría valores entre 4.2 y 15 por lo son valores aceptables y en ciertas partes de la tolva, en puntos de la estructura de soporte existen valores por debajo de 1 esto a causa de los picos que se tiene en el tejido de la tolva.

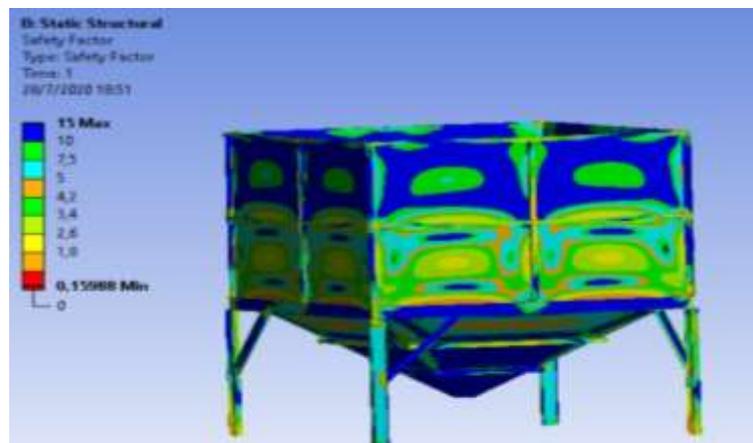


Figura 3.6 Deformación Factor de Seguridad Estático de la Tolva y Soporte.
[Elaboración propia]

3.1.2 Sistema de desplazamiento horizontal

Transportador helicoidal 1

El Transportador helicoidal 1 es alimentado por la tolva de alimentación y lleva el grano de café al segundo Elevador de Cangilones, la distancia que

recorre es de 6 metros, por lo que debió ser de tipo seccional completamente horizontal y de paso estándar. El diámetro del helicoide es de 9 pulgadas y la potencia necesaria para su accionamiento es de 1 hp, pero por seguridad se decidió seleccionar un motorreductor de 2 hp.

**Tabla 3.1 Resumen de grupo de componentes de transportador helicoidal 1.
[Elaboración propia]**

Transportador Helicoidal 1				
Cantidad	Elemento	Tipo	N° de parte	Peso (lb)
2	Tornillo	Paso estándar	9S412	187,84
2	Eje del tubo	Estándar Cédula 40	-	94,62
1	Eje de transmisión	Estándar, rodamiento de bolas	1CD4BB-W	13
1	Eje de acoplamiento	Estándar	CC4	9,8
1	Eje final	Estándar, rodamiento de bolas	CE4BB-W	9
2	Artesa	Tipo U	9CTA10	352
2	Tapa de artesa	Exterior con pie	9TEF4	24
3	Bridas de artesa	Tipo U	9TF	7,2
1	Pie de brida	Estándar	9TFF	4,5
2	Cubiertas	Formada	9TCF10	142
1	Colgante	Tipo 226	9CH2264	11
1	Cojinete de colgante	Bronce	CHB2204	1,8
1	Descarga	Estándar	9TSD14	8
1	Entrada	Fijo	9CIF	6,8
2	Sello del eje	Sello de caja con estopa	CSW4	16
2	Rodamiento	bolas de pared	TEB4R	6

En la Sección 2.8.4 se detalla el método de selección de los grupos de componentes y en el APÉNDICE B, C, D, y E se encuentran la selección de cada uno.

Transportador helicoidal 2

El Transportador helicoidal 2 es alimentado por el equipo de limpieza (Despedradora) y lleva el grano de café al cuarto Elevador de Cangilones, tiene una inclinación de 30° y la distancia horizontal que recorre es de 2.60 metros, por lo que debió ser tipo continuo con inclinación y de paso estándar. El diámetro del helicoide es de 9 pulgadas y la potencia necesaria para su

accionamiento es de 0.75 hp, pero por seguridad se decidió seleccionar un motorreductor de 1 hp.

Tabla 3.2 Resumen de grupo de componentes de transportador helicoidal 2.
[Elaboración propia]

Transportador 2				
Cantidad	Elemento	Tipo	N° de parte	Peso (lb)
1	Tornillo	Paso estándar	9S412	93,92
1	Eje del tubo	Estándar Cédula 40	-	47,31
1	Eje de transmisión	Estándar, rodamiento de bolas	1CD4BB-W	13
1	Eje de acoplamiento	Estándar	CC4	9,8
1	Eje final	Estándar, rodamiento de bolas	CE4BB-W	9
1	Artesa	Tipo U	9CTA10	176
2	Tapa de artesa	Exterior con pie	9TEF4	24
2	Bridas de artesa	Tipo U	9TF	4,8
1	Cubiertas	Formada	9TCF10	71
1	Cojinete de colgante	Bronce	CHB2204	1,8
1	Descarga	Estándar	9TSD14	8
1	Entrada	Fijo	9CIF	6,8
2	Sello del eje	Sello de caja con estopa	CSW4	18
2	Rodamiento	bolas de pared	TEB4R	6

Selección de sistema de accionamiento motriz

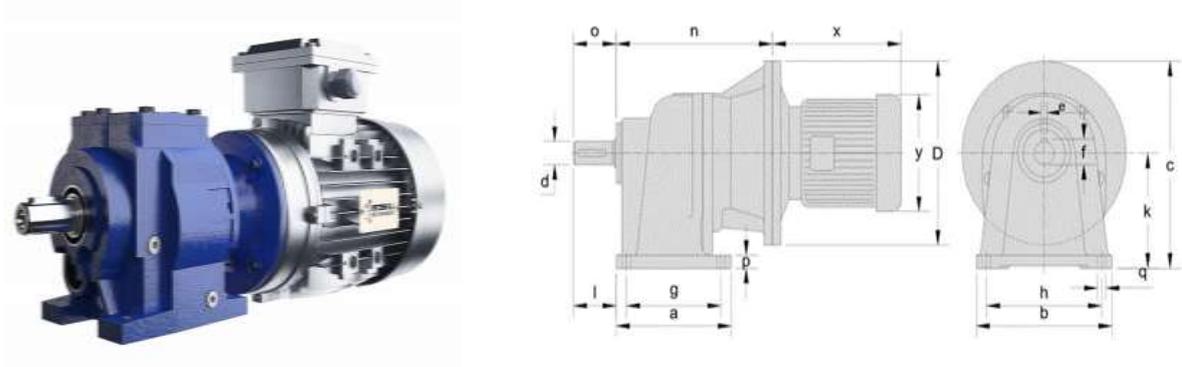
Las especificaciones de los motorreductores seleccionados para el transportador helicoidal 1 y 2 son las siguientes:

Tabla 3.3 Motorreductor Coaxial PH de Transportador Helicoidal 1
[Catalogo FAMA]

MOTOREDUCTOR TRIFASICO	
MODELO PH	
TAMAÑO 230	
CARGA VARIABLE	
Reducción	1:24
N salida [RPM]	74
N entrada [RPM]	1800
Torque Nm	228
Potencia [HP]	1.8
Fs [factor de servicio]	1

**Tabla 3.4 Motorreductor Coaxial PH Transportador Helicoidal 2
[Catalogo FAMA]**

MOTOREDUCTOR TRIFASICO	
MODELO PH	
TAMAÑO 230	
CARGA VARIABLE	
Reducción	1:14
N salida [RPM]	128
N entrada [RPM]	1800
Torque Nm	197
Potencia [HP]	1.2
Fs [factor de servicio]	1



**Figura 3.7 Ima Izq. Motorreductor Coaxial; Ima Der. Dimensiones Motorreductor
[Catalogo FAMA]**

Las dimensiones de los motorreductores en [mm], son las siguientes:

**Tabla 3.5 Dimensiones Motorreductores PH
[Catalogo FAMA]**

Tamaño	Motor [HP]	a	b	c	d	e	f	g	h	k	n	l	x	y	o
230	1.8	175	190	255	32	10	35.2	145	160	155	215	107	252	181	80
230	1.2	175	190	255	32	10	35.2	145	160	155	197	107	241	153	80

3.1.3 Sistema de transporte vertical

Para el sistema de transporte vertical en la planta, se requieren en total 4 Cangilones. De los cuales cada cangilón estará ubicado en una zona específica, donde cada uno tendrá alturas diferentes. Sin embargo, se conserva el mismo flujo másico todo el sistema, que es $TPH = 10.06 \text{ Ton}/H$. En la sección 2.8.5, se describe el diseño detallado de la selección y diseño de un elevador cangilón.

Cada elevador tendrá una altura y una ubicación distinta, ver Tabla 3.6:

Tabla 3.6 Descripción de lugar de descarga del elevador
[Elaboración propia]

Elevador	Altura [m]	Lugar de descargar
Elevador 1	11.23	Descarga a la tolva de alimentación
Elevador 2	8.50	Descarga a la zaranda
Elevador 3	8.50	Descarga a la despedradora
Elevador 4	6.71	Descarga a la tolva de pesado

Conociendo la demanda de flujo másico requerido a transportar, se calculó el caudal necesario que fue $CFH = 559.8 \text{ ft}^3/H$, y se selecciona del catálogo de Martin el elevador de cangilón necesario para transportar la demanda. Además, cada elevador tiene el mismo flujo a transportar, entonces el elevador seleccionado será el mismo en todos los 4 elevadores. Para nuestro caso, el elevador más adecuado fue el de banda serie 100 por descarga centrífugo. Las especificaciones, ver Tabla 3.7:

El modelo banda serie 100, es para manejo de materiales secos, con tamaño de partícula pequeño o mediano, y abrasivos media. El material de la banda es de poliéster con marco de PVC.

**Tabla 3.7 Elevador de cangilón, elevación de banda serie 100
[Martin, 2013]**

		Banda
	Serie	100
	No de elevador	B85-143
Banda	Ancho [in]	9
	Ppm	250
Tamaño de caja	Ancho [in]	13 ³ / ₄
	Prof [in]	42
Tamaño max de grano	100%	³ / ₄
	10%	3 ¹ / ₂
Polea en tambor	Diámetro [in]	24
	Rpm	39
Polea en bota	Diámetro	16
	Diámetro del eje [in]	2

Las dimensiones del elevador seleccionado a utilizar en los 4 elevadores son las mismas, donde el diseño externo se mantendrá igual.

**Tabla 3.8 Dimensiones del elevador de cangilón serie 100
[Martin, 2013]**

	CUERPO		BOTA									
	A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	
banda [in]	13 ³ / ₄	42	16	9	32 ¹ / ₂	50	72	21	18	17 ¹ / ₂	13	

**Tabla 3.9 Dimensiones del elevador de cangilón serie 100
[Martin, 2013]**

	CABEZA								
	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1	
banda [in]	32 ³ / ₄	10	33 ¹ / ₄	42	24	21	36 ¹ / ₄	15 ¹ / ₂	

Para el cangilón corresponde a usar el modelo de tipo AA. Este corresponde a una forma en C, que se utiliza para el manejo de materiales húmedos o pegajosos. Y el material a utilizar es de Hierro dúctil.

**Tabla 3.10 Dimensión cangilón
[Martin, 2013]**

Tamaño del cangilón				Peso [lb]	Capacidad [ft ³]
A [in]	B [in]	C [in]	Espaciado [in]		
8	5	5.5	16	4.8	0.07

Para la perforación del cangilón en la banda, la norma CEMA recomienda para el cangilón tipo AA, la siguiente especificación:

**Tabla 3.11 Perforación de Cangilón (Banda)
[CEMA, 2013]**

Cangilones de Acero Estilo AA				Tornillos para Cangilones	
Perforación	A [in]	B [in]	Diámetro del perno [in]	Tamaño [in]	cantidad
B-6	3	7/8	1/4 - 5/16	0.25 x 1.25	150

Para cada elevador se incluye las distancias requeridas, como altura entre centros, la altura de descarga y su distancia de recepción. Son las medidas tomando en cuenta la distancia de recepción donde caerá el café transportado, ya sea en la tolva o el sistema de limpieza.

**Tabla 3.12 Posición de descarga de cada elevador
[Elaboración propia]**

Elevador	Altura [m]	Altura entre centro [m]	Altura de descarga [m]	Distancia de recepción [m]
1	11.23	9.97	4.83	0.90
2	8.50	7.24	1.79	0.60
3	8.50	7.24	1.79	0.60
4	6.71	5.45	2.19	0.60

Para calcular la potencia se toma los factores, de la velocidad de descarga, el RPM, la longitud de la banda, entre otras variables. Donde se resume en la Tabla 3.13.

**Tabla 3.13 Potencia requerida de cada elevador
[Elaboración propia]**

Elevador	Velocidad de descarga [m/s]	Velocidad del eje [RPM]	Longitud de banda [m]	Cantidad de Cangilones	Potencia requerida [HP]
1	0.91	24.64	21.54	40	1.87
2	0.99	27.02	16.08	30	1.69
3	0.99	27.02	16.08	30	1.69
4	0.90	24.40	12.50	23	1.05

Conociendo la potencia requerida en cada elevador, se procede a seleccionar un único motorreductor de 2HP, para reducir de 1750RPM a 29RPM, una reducción de 1:60 en el eje. Para nuestra selección nos planteamos los criterios de: eficiencia, instalación y costo. Donde la mejor opción para nuestro caso fue escoger el motorreductor debido a bajo costo, alta eficiencia y la facilidad en la instalación

**Tabla 3.14 Motorreductor MVS
[Catalogo FAMA]**

MOTOREDUCTOR TRIFASICO	
MODELO MVS	
TAMAÑO 102	
CARGA VARIABLE	
HOJA TECNICA 1182	
Reducción	1:60
N salida [RPM]	29
N entrada [RPM]	1750
Torque Nm	386
Potencia [HP]	2
Fs [factor de servicio]	1



**MOTO REDUCTOR
MODELO MVS.**

Ya conociendo la potencia que transmitiremos al eje de 2HP, se calculó el diámetro del eje requerido para que tenga una vida infinita. Y se seleccionara el eje de transmisión del catálogo de DIPAC. Se conoce aparte que:

- El material del tambor es de hierro fundido con una masa de 33.25Kg
- El eje de transmisión será AISI/SAE 1018, rolado en frío.
- El eje se diseño para vida infinita, con un factor de seguridad de N=2.

**Tabla 3.15 Diámetro mínimo del eje de cada elevador
[Elaboración propia]**

	Elevador			
	1	2	3	4
Tensión banda tensa [KN]	2.08	1.89	1.89	2.09
Tensión banda floja [KN]	0.43	0.39	0.39	0.44
Reacción rodamiento A [KN]	1.43	1.32	1.32	1.44
Reacción rodamiento B [KN]	1.43	1.32	1.32	1.44
Momento flector máx. [KNm]	0.56	0.52	0.52	0.57
Diámetro min. eje [mm]	56.8	55.6	55.6	57.0
Diámetro min. eje [in]	2.24	2.19	2.19	2.24

Se selecciona del catálogo de DIPAC, un eje de transmisión disponible $d=2\frac{1}{4}$ ", de diámetro mínimo. Seguido de la selección de los rodamientos y chumaceras, del catálogo de SKF.

**Tabla 3.16 Selección de rodamiento y chumacera
[SKF, 2015]**

Rodamiento	6009
Factor de seguridad	11.1
Horas de funcionamiento	2 915 765

chumacera por unidad de rodamiento	SY 45 TF
Designación por rodamiento	YAR 209-2F

3.1.4 Sistema de Limpieza

El sistema de Limpieza se lo seleccionó con las especificaciones, criterios y requerimientos de diseño del proyecto, los equipos que forman parte de este sistema son:

- Pre Limpiadora, Pinhalense PRELI-1
- Despedradora, Pinhalense Flutuar CPFBNR-4
- Dos ciclones de alta eficiencia tipo Stairmand.

En el APÉNDICE F se detallan las especificaciones de la Pre-Limpiadora y Despedradora seleccionadas.

Para los ciclones, se analizó inicialmente las pérdidas de velocidades y presiones en las tuberías que alimentan a cada ciclón (Tabla 3.17.). Las tuberías son de acero al carbono negro cédula 40 de 12 in de diámetro.

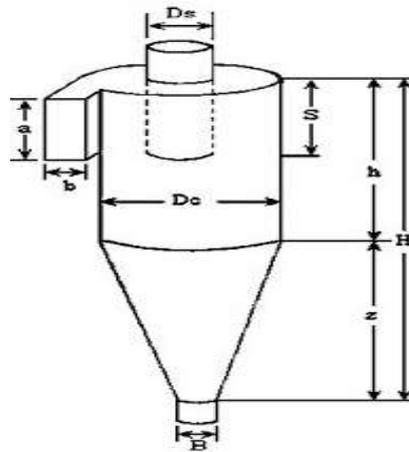
**Tabla 3.17 Pérdidas de cargas en tuberías
[Elaboración Propia]**

Puntos	Longitud de tubería (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	Pérdidas de presiones (Kpa)
Pre-Limpiadora a Ciclón 1	6	25	24,72	2,80
Despedradora a Ciclón 2	8	25	24,63	2,65

El dimensionamiento de ambos ciclones será el mismo, la velocidad de entrada de corriente aire al ciclón es 24,72 m/s, ya que a mayor velocidad mayor las caídas de presiones dentro del ciclón. Los cálculos de los parámetros necesarios en base a las limitaciones para su óptimo dimensionamiento se realizaron en Excel y se los muestra en la Tabla 3.17

**Tabla 3.18 Dimensiones de Ciclón
[Elaboración Propia]**

PARÁMETROS	VALORES
Dc [m]	1,102
a [m]	0,551
b [m]	0,220
S [m]	0,551
Ds [m]	0,551
h [m]	1,652
z [m]	2,754
H [m]	4,407
B [m]	0,413
Área a*b [m2]	0,121



**Tabla 3.19 Parámetros criterios y limitaciones para dimensionamiento de ciclón
[Elaboración Propia]**

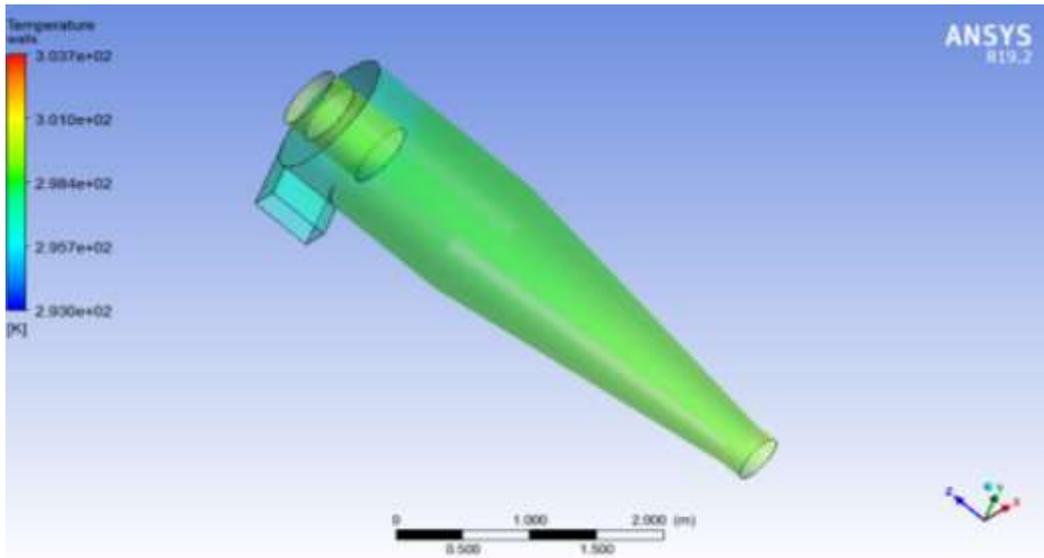
PARÁMETROS	VALORES
Velocidad entrada tangencial [m/s]	24,72
Velocidad equivalente [m/s]	0,47
Velocidad de saltación [m/s]	38,98
Relación de velocidades	0,63
Volumen ciclón en la salida [m3]	0,20
Presión [Kpa]	99
Longitud natural ciclón [m]	3,11
Volumen ciclón sobre longitud [m3]	1,70
Exponente de vórtice	0,83
Tiempo de relajación [s]	1,09E-04
Eficiencia total [%]	84,7
Caída de presión [Pa]	2354,36

Con lo que podemos constatar que:

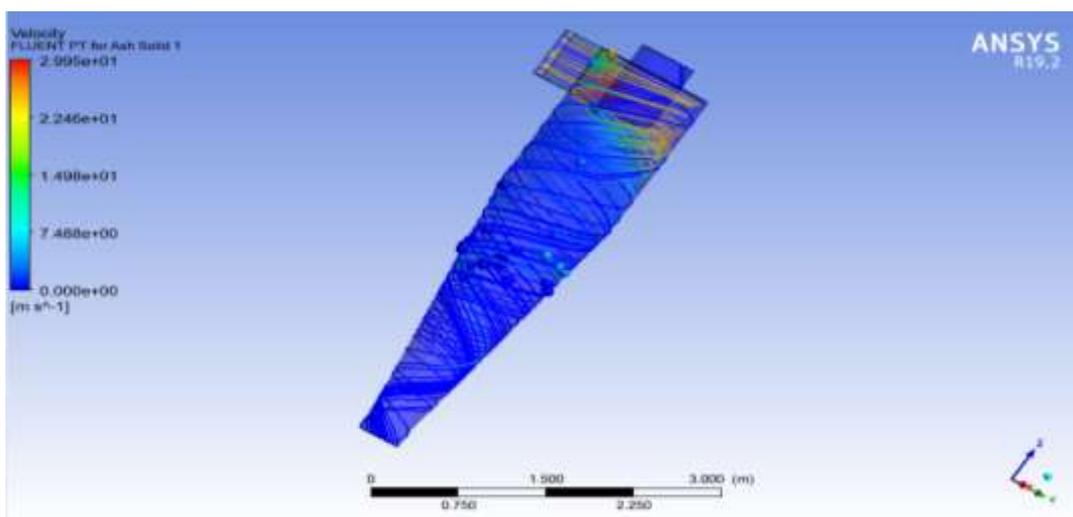
- El Dc es 1.10 m < 1.2 m.
- La velocidad de entrada tangencial es 24.72 m/s < 30 m/s.
- La relación de velocidades es 0.63 < 1.35.
- La Longitud natural del ciclón es 3.11 m < 3.85 m.

- La caída de presión es 2354,36 Pa < 2788 Pa.

Al realizar el análisis y animación CFD en ANSYS del ciclón, mostrado en, Figura 3.8 y Figura 3.9, se comprobó las limitaciones de diseño y se mostró el recorrido de las partículas de polvo dentro del ciclón.



**Figura 3.8 Análisis de Temperatura del Ciclón en ANSYS.
[Elaboración propia]**



**Figura 3.9 Análisis de Velocidades del Ciclón en ANSYS.
[Elaboración propia]**

3.1.5 Sistema de Pesado

Se seleccionó una Balanza de Batcheado Pinhalense Smartflux que cumple con las necesidades del proceso, además se realizó la selección de una válvula rotativa TOREX RVS 10 a 30 rpm que es alimentada por esta balanza. Las características de los equipos se encuentran en el APÉNDICE F.

3.2 Análisis de Costos

El presupuesto para la implementación del Sistema de Transporte y Limpieza de café se muestra en la Tabla 3.20, donde se detalla todos los costos directos, indirectos y de ingeniería. Cabe mencionar que la mayoría de los elementos del sistema de transporte son fabricados localmente. Y la mayoría de los equipos del sistema de limpieza serán importados, tales como: despedradora, pre-limpiadora, balanza, válvula rotativa.

Tabla 3.20 Tabla de costos de fabricación, adquisición, desmontaje y montaje.
[Elaboración propia]

MACRO: FABRICACIÓN Y MONTAJE DE SISTEMA DE TRANSPORTE Y LIMPIEZA						
Tiempo		40 Días				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	V. UNIT	SUBTOTAL	PARCIAL
	MOVILIZACIONES					\$ 50,00
1	Camioneta	Día	2	\$ 25,00	\$ 50,00	
	TRANSPORTE					\$ 2.010,00
2	Grúa (30 Ton)	Hora	24	\$ 65,00	\$ 1.560,00	
3	Camión	Viaje	3	\$ 150,00	\$ 450,00	
	COSTOS DIRECTOS					\$164.861,28
4	Acero para maquinas	Global	1	\$ 15.145,57	\$ 15.145,57	
5	Poleas y Rodamientos	Global	1	\$ 4.320,00	\$ 4.320,00	
6	Sistema Motriz	Global	1	\$ 5.004,52	\$ 5.004,52	
7	Componentes de Tornillos Helicoidales	Global	1	\$ 1.458,82	\$ 1.458,82	
8	Sistema de Cangilones	Global	1	\$ 7.551,00	\$ 7.551,00	
9	Pernos y Tuercas	Global	1	\$ 96,07	\$ 96,07	

10	Equipos de Limpieza	Global	1	\$ 91.176,00	\$ 91.176,00	
11	Panel de control	U	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	
12	Panel de fuerza	U	1	\$ 13.600,00	\$ 13.600,00	
13	Cables Eléctricos, conexiones y accesorios	Global	1	\$ 3.150,00	\$ 3.150,00	
14	Soldadura	Kg	120	\$ 3,19	\$ 382,80	
15	Pintura Anticorrosiva	Galón	18	\$ 8,00	\$ 144,00	
16	Obra civil	U	1	\$ 7.832,50	\$ 7.832,50	
	COSTOS INDIRECTOS					\$ 777,50
17	Discos y Gratas	U	30	\$ 2,50	\$ 75,00	
18	Extensiones para Máquinas 4x#8	M	35	\$ 2,50	\$ 87,50	
19	Conexiones para Extensiones (8+8)	Par	3	\$ 5,00	\$ 15,00	
20	Herramienta Menor Varias	Día	15	\$ 40,00	\$ 600,00	
	MANO DE OBRA TALLER					\$ 5.736,48
21	Costo hora hombre de grupo	Día	17	\$ 337,44	\$ 5.736,48	
	MONTAJE Y DESMONTAJE EN SITIO					\$ 12.973,44
22	Costo hora hombre, desmontaje en sitio (10 Ton)	Día	11	\$ 447,36	\$ 4.920,96	
23	Costo hora hombre, montaje en sitio (17 Ton)	Día	18	\$ 447,36	\$ 8.052,48	
	EQUIPOS MAQUINARIAS					\$ 1.839,00
24	Máquinas y herramientas	Global	1	\$ 1.839,00	\$ 1.839,00	
	COSTO FABRICACIÓN, ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN				\$188.247,70	
	IMPREVISTOS 5%				\$ 9.412,39	
	INGENIERÍA 15%				\$ 28.237,16	
	P.V.				\$225.897,24	

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se diseñó y seleccionó los equipos y componentes del Sistema de Transporte y Limpieza de café verde, el sistema consta de 4 subsistemas: Alimentación, Transporte, Limpieza, y Pesado, los cuales operan para producir una capacidad de 10 Ton/h de café limpio.
- Se realizó el análisis de Elementos Finitos en ANSYS, y se comprobó que la Tolva de Alimentación y la estructura que la soporta, tienen un diseño conservador ya que el factor de seguridad de fatiga de estos elementos está por encima de 1.8, con lo que se puede asegurar que los esfuerzos de fluctuación máximos están por debajo del esfuerzo de fluencia del material.
- Se comprobó que en los Desempolvadores (Ciclones), la caída de presión está por debajo de la limitación con lo que se obtuvo un diseño óptimo.
- El presupuesto obtenido luego de realizar el análisis de costo de toda la implementación del proyecto es de \$ 225.897,24, el cual está dentro del presupuesto impuesto por la empresa.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios del terreno y cálculos de cimentaciones necesarios en toda el área en donde se instalarán cada uno de los subsistemas.
- Los depósitos que recolectan el polvo que se descarga de los ciclones, deberán estar herméticamente sellados para evitar caídas de presiones, ya que esto esforzará y perjudicará al ventilador de extracción.
- Se recomienda realizar las pruebas necesarias para verificar la eficiencia de la operación una vez el sistema se haya implementado.
- Se deberá establecer programas de limpieza y planes de mantenimiento preventivo o proactivo para los equipos de todo el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Agro Asian Industries. (s.f.). *Destoner Machine*. Haryana. Obtenido de <https://www.agroasianindustries.com/destoner-machine.html>
- Avilés Daniel, C. N. (2015). Materia Integradora, Ingeniería Mecánica. "*Diseño de una Máquina Dispensadora y Empacadora de Granos de Cacao en Sacos de 50 kg*". Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil.
- CEMA . (2019). *Screw Conveyors for Bulk Materials (Fifth Edition)*.
- CEMA Screw Conveyor Engineering Committee. (2019). *Screw Conveyors for Bulk Materials (Fifth Edition)*.
- Centre for Industrial Bulk Solids Handling Glasgow Caledonian University. (2008). *Bulk Solids Handling Equipment Selection and Operation*. Singapore: Blackwell Publishing.
- Cerrón Romero, J. A. (2016). Tesis de grado, de ingeniería mecánica. *Influencia Del Rcm En La Disponibilidad De Los Elevadores De Cangilones De Refinería Votorantim Metais -Cajamarquilla S.A.* Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo.
- Crowe Clayton T. (2006). *Multiphase Flow Handbook*. Taylor & Francis Group.
- Davila Alex, V. R. (2011). Tesis de grado, de ingeniería mecánica. *Implementación de un software y equipos para su operatividad para el cálculo y diseño de transportadores de tornillo sinfín y Cangilones para laboratorio de dibujo mecánico asistido por computador*. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.
- Delgado A, P., Larco, A. M., & et al. (2002). *CAFÉ EN ECUADOR: Manejo de la Broca del Fruto (Hypothenemus hampei Ferrari)*. Informe de Terminación de Proyecto Manejo Integrado de la Broca del Café, Manta, Portoviejo, Ecuador.
- DIPAC S.A. (s.f.). *Ejes de acero de transmisión* . Ecuador, Manta.
- Dym, C. L., Little, P., & et al. (2004). En *Diseño de ingeniería* (pág. 25). Balderas: LIMUSA. doi:ISBN-13: 978-0470225967

Echeverri Lodoño Carlos Alberto. (2006). *SCIELO*. Obtenido de Revista Ingenierías Universidad de Medellín:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200011#eq10

Eduardo Pino, .. (2005). Tesis de grado, Ingeniería mecánica. *Software de diseño de transportadores de Tornillo Sinfín*. ESPOL, Guayaquil.

(2010). *Especificacion ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*.

European Comitee for Standarization. (2005). *EN 1991-4: 2006 Eurocode 1: Actions on structures - Part 4:*

FB FORJA BOLIVAR . (Junio de 2020). *Elevadores de Cangilones de Banda*. Obtenido de <https://www.forjasbolivar.com/elevadores-de-Cangilones-de-banda/499/68/67/1/fb22/#:~:text=Los%20elevadores%20de%20Cangilones%20de,el%20vidrio%20%20la%20al%C3%BAmina>.

Figuroa Hernández, E., Pérez-Soto, F., & Godínez-Montoya, L. (2010). *La producción y el consumo del café*. Spain: ECORFAN. doi:ISBN 978-607-8324-49-1

García Karen. (2016). Trabajo final de grado, Ingeniería Alimentaria. *Proyecto de distribución en planta e instalaciones de una industria procesadora de café con una capacidad de 500T/año*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Greach, P. (2001). En *Un enfoque a traves del diseño* (pág. 275). Bogota: EL TIEMPO. doi:ISBN-13: 978-9586990172

Grech, P. (2001). En *Un enfoque a traves del diseño* (pág. 373). Bogota: EL TIEMPO.

Gregorutti&Asociados. (2017). Obtenido de

http://www.gregoruttisa.com.ar/index.php?option=com_virtuemart&view=product_details&virtuemart_product_id=7&virtuemart_category_id=54

Hendrik, H., & Dorcel W., K. (1989). *USA Patente nº US4799584A*.

Hernández Torres, C. F. (2010). Tesis de grado de ingeniería mecánica. *Creación de base de datos para equipos en planta y actualización de stock de repuestos,*

para elevadores de Cangilones, en una planta cementera. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Guatemala.

INDUSTRIAS FAMA . (s.f.). *Grupo motrices de reducción* . Ecuador, Quito.

International Communicaffe. (14 de Febrero de 2018). *El mercado de los extractos de café verde en grano crecerá a una tasa de crecimiento atractiva*. Obtenido de <https://www.comunicaffe.com/market-for-green-coffee-bean-extracts-to-rise-at-an-attractive-growth-rate/>

Krick, E. V. (2006). En *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería* (pág. 131). Bogotá: Limusa S.A. De C.V. doi:ISBN-13: 978-9681801762

La guía del café. (01 de 2011). *Centro De Comercio Internacional*. Obtenido de <http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-café/los-mercados-del-café/Demanda%e2%80%93Cafe-Soluble/>

Martin. (2013). *El Gran Catálogo 4000, Manejo de Materiales*.

Martin. (2013). *El Gran Catálogo 4000, Manejo de Materiales* .

Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas* (Cuarta ed.). Mexico: Pearson Educación.

Oriol Guerra, J. M., & Aguilar Pérez, F. (1988). *Máquinas de transporte continuo*. Habana: Pueblo y Educación. Obtenido de *Máquinas de transporte continuo*.

Osorio Diego, .. (2018). Tesis de grado, Ingeniería Eléctrica. *Estudio, Puesta en marcha y Proposición de Ensayos para un Transportador de Tornillo de Laboratorio*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

Pérez-Aparicio, J., Bravo, R., & Gómez-Hernández, J. (2014). *Diseño numérico óptimo de elevadores de Cangilones mediante análisis de deformación discontinua*. Granular Matter 16, 485–498. doi:<https://doi.org/10.1007/s10035-014-0485-5>

PETKUS Technologie GmbH. (s.f.). *Pre-Limpiadora V12/V15*. Obtenido de https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81919/V-12---V-15.pdf

Pinhalense. (sf). *Prelimpiadora*. Sao Paulo. Obtenido de <https://www.pinhalense.com.br/espanhol/café/beneficio-seco/pre-limpeza/>

pkmachinery. (2014). The type of bucket elevators. En pkmachinery. pkmachinery.

Obtenido de <https://www.pkmachinery.com/faq/the-type-of-bucket-elevators.html>

Ramírez Ricardo, S. J. (2017). Proyecto Integrador, Ingeniería Mecánica. *Diseño de un Sistema de Transporte Neumático de Maíz en Grano en Fase Diluida*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

RINGSPANN. (2018). *Acoplamiento para union de ejes*.

Rizzuto, Q., Liliana, M., & Maritza, R. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Redalyc(2)*, 291-307. doi:ISSN 1317-8822

Rodríguez Hermelegidio, .. (s.f.). *Ingemecánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Sit Lock. (s.f.). *Buje de fijacion*. Sit lock.

SKF. (2015). *Rodamientos SKF*.

Villacís Mayra, O. W. (2012). Tesis de grado, de Ingeniería mecánica. *Diseño, construcción y pruebas de un equipo de desinfección y transporte para la planta piloto de procesamiento y beneficio de semillas de alfalfa y trébol*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

WAMGROUP. (s.f.). *Rota válvulas*. Obtenido de <https://wamgroup.es/es-ES/WAMES/Product/RVC/Roto-valvulas>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especificaciones de Material

Tabla 0.1 Propiedades de Materiales.
[Eurocodigo 1- Acciones en Estructuras- Parte 4: Silos y Tanques]

Type of particulate solid ^{a,e}	Unit weight ^b		Angle of repose	Angle of internal friction			Lateral pressure ratio		Wall friction coefficient ^c				Patch load solid reference factor C_{sp}
	γ		ϕ_r	ϕ_i			K		μ ($\mu = \tan \phi_w$)				
	γ_l	γ_u		ϕ_m	ϕ_f	K_m	K_f	Wall type D1	Wall type D2	Wall type D3	a_μ		
	Lower	Upper		Mean	Factor	Mean	Factor	Mean	Mean	Mean	Factor		
	kN/m ³	kN/m ³	degrees	degrees									
Default material ^a	6,0	22,0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0	
Aggregate	17,0	18,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,39	0,49	0,59	1,12	0,4	
Alumina	10,0	12,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Animal feed mix	5,0	6,0	39	36	1,08	0,45	1,10	0,22	0,30	0,43	1,28	1,0	
Animal feed pellets	6,5	8,0	37	35	1,06	0,47	1,07	0,23	0,28	0,37	1,20	0,7	
Barley \odot	7,0	8,0	31	28	1,14	0,59	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,5	
Cement	13,0	16,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Cement clinker λ	15,0	18,0	47	40	1,20	0,38	1,31	0,46	0,56	0,62	1,07	0,7	
Coal \odot	7,0	10,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,44	0,49	0,59	1,12	0,6	
Coal, powdered \odot	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5	
Coke	6,5	8,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,6	
Flyash	8,0	15,0	41	35	1,16	0,46	1,20	0,51	0,62	0,72	1,07	0,5	
Flour \odot	6,5	7,0	45	42	1,06	0,36	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,6	
Iron ore pellets	19,0	22,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,5	
Lime, hydrated	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,36	0,41	0,51	1,07	0,6	
Limestone powder	11,0	13,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5	
Maize \odot	7,0	8,0	35	31	1,14	0,53	1,14	0,22	0,36	0,53	1,24	0,9	
Phosphate	16,0	22,0	34	29	1,18	0,56	1,15	0,39	0,49	0,54	1,12	0,5	
Potatoes	6,0	8,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,33	0,38	0,48	1,16	0,5	
Sand	14,0	16,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,38	0,48	0,57	1,16	0,4	
Slag clinkers	10,5	12,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,48	0,57	0,67	1,16	0,6	
Soya beans	7,0	8,0	29	25	1,16	0,63	1,11	0,24	0,38	0,48	1,16	0,5	
Sugar \odot	8,0	9,5	38	32	1,19	0,50	1,20	0,46	0,51	0,56	1,07	0,4	
Sugarbeet pellets	6,5	7,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,35	0,44	0,54	1,12	0,5	
Wheat \odot	7,5	9,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,24	0,38	0,57	1,16	0,5	

NOTE Where this table does not contain the material to be stored, testing should be undertaken.

APÉNDICE B

**Tabla 0.2 Características de Materiales.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee]**

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 (.018") y menor	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀
	Fino Malla No. 6 (.132) y menor	B ₆
	Granular 1" y menor (malla 6" a 1") 3" y menor (1" a 3") 7" y menor (3" a 7")	C ₁ D ₃ D ₇
	Tirrones 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	Fluido Muy Libre Fluido Libre Fluido Promedio Fluido Lento
Abrasividad	Abrasividad Media Abrasividad Moderada Abrasividad Extrema	5 6 7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento Genera Eléctrica Estática Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento Inflamabilidad Se Hace Plástico o Tiende a Sulfurizarse Muy Polvoso Al Airearse Se Convierte en Fluido Explosividad Pegajoso — Adhesión Contaminable — Afecta Uso Degradable — Afecta Uso Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos Altamente Corrosivo Mediamente Corrosivo Higroscópico Se Entrelaza, Enreda o Aglomera Presencia de Aceites Se Comprime Bajo Presión Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento Temperatura Elevada	F G H J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Tabla 0.3 Propiedades de Materiales.
[CEMA Screw Conveyor Engineering Committee]

MATERIAL	MAT'L CLASS CODE	CONV LOADING	COMPONENT GROUP	WEIGHT (LBS/CF)		MAT'L FACTOR F_m	VERT.*
				MIN	MAX		
Cement, Portland	94A25M	30B	20	94	94	1.4	x
Cerussite (Lead Carbonate)	250A35R	30A	20	240	260	1.0	?
Chalk, Crushed	85D25	30A	20	75	95	1.9	
Chalk, Pulverized	71A25MXY	45	20	67	75	1.4	
Charcoal, Ground	23A45	30A	20	18	28	1.2	
Charcoal, Lumps	23D45Q	30A	20	18	28	1.4	
Chocolate, Cake Pressed	43D25	30A	2B	40	45	1.5	
Chrome Ore	133D36	30B	30	125	140	2.5	
Cinders, Blast Furnace	57D36T	30B	30	57	57	1.9	
Cinders, Coal	40D36T	30B	30	40	40	1.8	
Clay (Marl)	80D36	30B	20	80	80	1.6	?
Clay (see Bentonite, Diat. Earth)							
Clay (see also Fuller's Earth, Kaolin & Marl)							
Clay, Brick, Dry, Fines	110C36	30B	30	100	120	2.0	
Clay, Calcined	90B36	30B	30	80	100	2.4	
Clay, Ceramic, Dry, Fines	70A35P	30A	1A,1B,1C	60	80	1.5	x
Clay, Dry, Lumpy	68D35	30A	20	60	75	1.8	
Clinker, Cement (Cement Clinker)	85D36	30B	30	75	95	1.8	?
Clover Seed	47B25N	45	1A,1B,1C	45	48	0.4	x
Coal, Anthracite (River & Culum)	58B35TY	30A	2A,2B	55	61	1.0	
Coal, Anthracite, Sized, 3/4"	55C25	45	2A,2B	49	61	1.0	
Coal, Bituminous, Mined	50D35LNYX	30A	1A,1B	40	60	1.0	
Coal, Bituminous, Mined, Sized	48D35QV	30A	1A,1B	45	50	1.0	
Coal, Bituminous, Mined, Slack	47C45T	30A	2A,2B	43	50	0.9	
Coal, Lignite	41D35T	30A	20	37	45	1.0	
Cocoa Beans	38C25Q	30A	1A,1B	30	45	0.5	
Cocoa, Nibs	35C25	45	20	35	35	0.5	
Cocoa, Powdered	33A45XY	30A	1B	30	35	0.9	
Coconut, Shredded	21E45	30B	2B	20	22	1.5	x
Coffee, Chaff	20B25FZMY	45	1A,1B	20	20	1.0	x
Coffee, Green Bean	29C25PQ	45	1A,1B	25	32	0.5	
Coffee, Ground, Dry	25A35P	30A	1A,1B	25	25	0.6	x
Coffee, Ground, Wet	40A45X	30A	1A,1B	35	45	0.6	
Coffee, Roasted Bean	25C25PQ	45	1B	20	30	0.4	x
Coffee, Soluble	19A35PUY	30A	1B	19	19	0.4	x
Coke, Breeze	30C37	15	30	25	35	1.2	
Coke, Loose	30D37	15	30	25	35	1.2	
Coke, Petrol, Calcined	40D37	15	30	35	45	1.3	

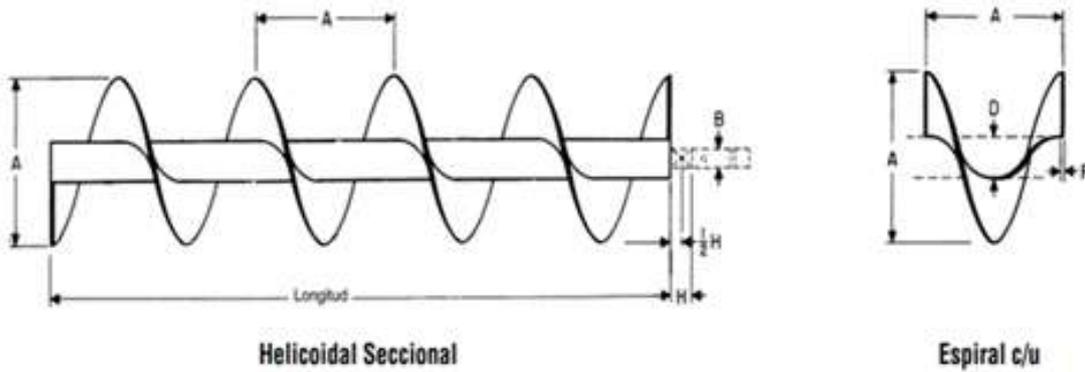
APÉNDICE C

Factores para determinar la deflexión en los Transportadores Helicoidales

Tabla 0.4 Momentos de Inercia Tubo cédula 40
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Tamaño de Tubo	2'	2½'	3'	3½'	4'	5'	6'	8'	10'
I	.666	1.53	3.02	4.79	7.23	15.2	28.1	72.5	161

Tabla 0.5 Peso Promedio de Helicoidal
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



A	B	Número de Parte, Helicoidal Completo	Número de Parte, Sólo Espiral	Tamaño de Tubo		F	H	Longitud Estándar Pies-Pulg.	Peso Promedio lb			Espirales Aprox. Por Pie
				Interior	D Exterior				Longitud Estándar	Por Pie	Espiral c/u	
6	1½	6S312~*	6SF312~*	2	2½	¾	2	9-10	75	7.5	1.7	2.0
	1½	6S316~*	6SF316~*	2	2½	¾	2	9-10	90	8.0	2.2	2.0
9	1½	9S312~*	9SF312~*	2	2½	¾	2	9-10	95	9.5	4.3	1.33
	1½	9S316~*	9SF316~*	2	2½	¾	2	9-10	130	13.0	5.5	1.33
	1½	9S324~*	9SF324~*	2	2½	¾	2	9-10	160	16.0	7.9	1.33
	2	9S412~*	9SF412~*	2½	2½	¾	2	9-10	115	11.5	4.3	1.33
	2	9S416~*	9SF416~*	2½	2½	¾	2	9-10	130	13.0	5.5	1.33
	2	9S424~*	9SF424~*	2½	2½	¾	2	9-10	160	16.0	7.9	1.33

La deflexión al centro del claro del Transportador 1 se la calcula con la ecuación 2.51 De la sección 2.84. Una vez conocidas las variables tomadas de las tablas de este APÉNDICE, el desarrollo es el siguiente:

$$D_{Trans\ 1} = \frac{5(187.83)(196)^3}{384(29000000)1.53} = 0.41 \text{ pulgadas}$$

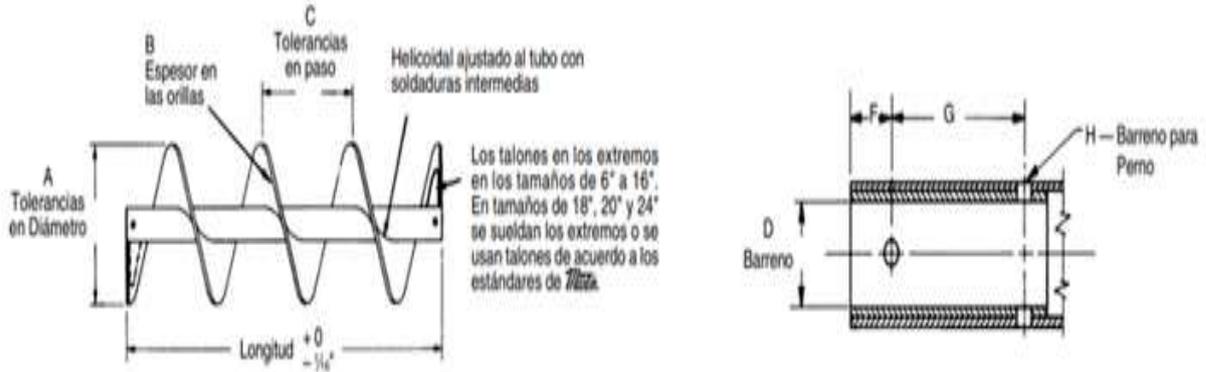
Y para el transportador 2 la deflexión es:

$$D_{Trans\ 2} = \frac{5(93.92)(98)^3}{384(29000000)1.53} = 0.026 \text{ pulgadas}$$

APÉNDICE D

Selección de Elementos Estándares Tornillo Helicoidal

Tabla 0.6 Helicoidales Seccionales Paso Estándar [Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

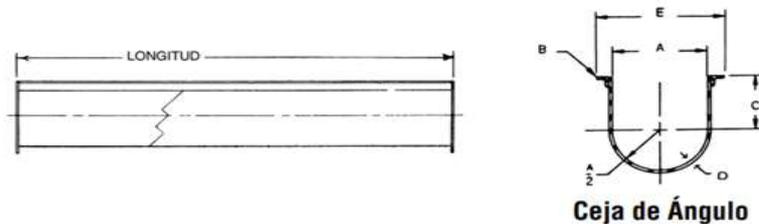


Diámetro del Helicoidal y Paso	Diámetro del Ejes	Designación de Tamaño	Tamaño de Tubo Cédula 40	Longitud, Pies y Pulgadas	A		B	C		D		F	G	H
					Tolerancia en Diámetro			Espesor	Tolerancia en Paso		Diámetro Interno del Buje			
					Más	Menos	Más		Menos	Mínimo	Máximo			
6	1½	6S312	2	9-10	¼	¾	¾	½	¼	1.505	1.516	¼	3	½
9	1½	9S312	2	9-10	¼	¾	¾	½	¼	1.505	1.516	¼	3	½
	2	9S412	2½	9-10	¼	¾	¾	½	¼	2.005	2.016	¼	3	¾
	2	9S416	2½	9-10	¼	¾	¾	½	¼	2.005	2.016	¼	3	¾
10	2	10S412	2½	9-10	¼	¾	¾	½	¼	2.005	2.016	¼	3	¾
12	2	12S412	2½	11-10	¼	¾	¾	½	¼	2.005	2.016	¼	3	¾
	2¼	12S512	3	11-9	¼	¾	¾	½	¼	2.443	2.458	¼	3	¾
	2¼	12S516	3	11-9	¼	¾	¾	½	¼	2.443	2.458	¼	3	¾
	3	12S616	3½	11-9	¼	¾	¾	½	¼	3.005	3.025	1	3	¾
	3	12S624	3½	11-9	¼	¾	¾	½	¼	3.005	3.025	1	3	¾

Tabla 0.7 Tamaños de Tubos, Dimensiones y Peso
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

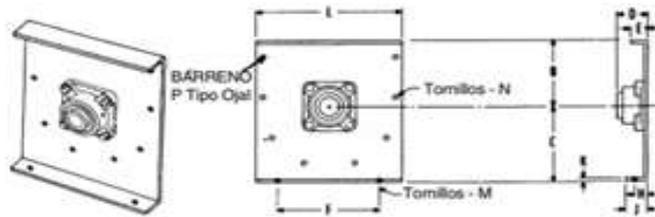
Tamaño Nom. del Tubo (Pulgadas)	Diámetro Exterior (Pulgadas)	Cédula I.P.S.	Pared (Pulgadas)	Diámetro Interior (Pulgadas)	Peso/Pie (lb)
1½	1.900	5S	.065	1.770	1.274
		10S	.109	1.682	2.085
		40 40S Estándar	.145	1.610	2.718
		80 80S Extra Pesado	.200	1.500	3.631
		160 XX Pesado	.281	1.338	4.859
			.400	1.100	6.408
2	2.375	5S	.065	2.245	1.604
		10S	.109	2.157	2.638
		40 40S Estándar	.154	2.067	3.653
		80 80S Extra Pesado	.218	1.939	5.022
		160 XX Pesado	.343	1.689	7.444
			.436	1.503	9.029
2½	2.875	5S	.083	2.709	2.475
		10S	.120	2.635	3.531
		40 40S Estándar	.203	2.469	5.793
		80 80S Extra Pesado	.276	2.323	7.661
		160 XX Pesado	.375	2.125	10.01
			.552	1.771	13.69

Tabla 0.8 Artesas Para Transportador
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



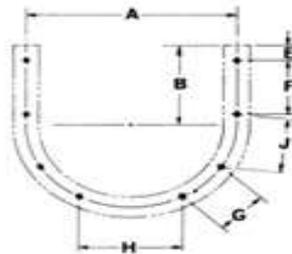
Diámetro del Transportador	D	Ceja de Ángulo	Artesa con Ceja de Ángulo			
			Peso lb		Peso lb	
			Largo 10"	Largo 5"	Largo 12"	Largo 6"
4	16 Cal.	4CTA16	53	29	—	—
4	14	4CTA14	60	33	—	—
4	12	4CTA12	78	42	—	—
6	16 Cal.	6CTA16	67	44	—	—
6	14	6CTA14	78	49	—	—
6	12	6CTA12	101	60	—	—
6	10	6CTA10	123	73	—	—
6	¾	6CTA7	164	86	—	—
9	16 Cal.	9CTA16	113	66	—	—
9	14	9CTA14	127	73	—	—
9	12	9CTA12	156	87	—	—
9	10	9CTA10	176	102	—	—
9	¾	9CTA7	230	124	—	—
9	½	9CTA3	286	152	—	—

Tabla 0.9 Tapas de Artesa tipo exterior con pie
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



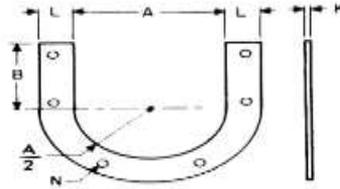
Diámetro del Transportador	Diám. de Eje	▲ Número de Parte	B	C	D			E	F	H	J	K	L	M	N	Peso (lb)	P Ojal
					Rodamiento de Fricción	Rodamiento de Bolas	Rodamiento de Rodillos										
4	1	4TEF2-*	3%	4%	2 ³ / ₁₆	1%	—	1 ¹ / ₁₆	5%	1	1%	1/2	8 ¹ / ₁₆	1/2	1/2	4	7/8 x 3/8
6	1 ¹ / ₂	6TEF3-*	4%	5%	3 ³ / ₁₆	2 ³ / ₁₆	3 ³ / ₁₆	1%	8%	1	1%	1/2	10 ¹ / ₁₆	1/2	1/2	7	7/8 x 3/8
9	1 ¹ / ₂	9TEF3-*	6%	7%	3 ³ / ₁₆	2 ³ / ₁₆	3 ³ / ₁₆	1%	9%	1 ¹ / ₂	2%	1/2	13%	1/2	1/2	12	7/8 x 3/8
	2	9TEF4-*	6%	7%	4 ¹ / ₁₆	2%	3 ³ / ₁₆	1%	9%	1 ¹ / ₂	2%	1/2	13%	1/2	1/2	12	7/8 x 3/8
10	1 ¹ / ₂	10TEF3-*	6%	8%	3 ³ / ₁₆	2 ³ / ₁₆	3 ³ / ₁₆	1%	9%	1%	2%	1/2	14%	1/2	1/2	14	3/4 x 3/8
	2	10TEF4-*	6%	8%	4 ¹ / ₁₆	2%	3 ³ / ₁₆	1%	9%	1%	2%	1/2	14%	1/2	1/2	14	3/4 x 3/8
12	2	12TEF4-*	7%	9%	5	2 ³ / ₁₆	3%	2	12 ¹ / ₁₆	1%	2%	1/2	17%	1/2	1/2	23	3/4 x 1/2
	2 ¹ / ₂	12TEF5-*	7%	9%	5%	2 ³ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	2	12 ¹ / ₁₆	1%	2%	1/2	17%	1/2	1/2	23	3/4 x 1/2
	3	12TEF6-*	7%	9%	5%	3%	4 ¹ / ₁₆	2	12 ¹ / ₁₆	1%	2%	1/2	17%	1/2	1/2	23	3/4 x 1/2
14	2 ¹ / ₂	14TEF5-*	9%	10%	5%	2 ³ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	2	13%	1%	2%	1/2	19%	1/2	1/2	38	3/4 x 1/2
	3	14TEF6-*	9%	10%	5%	3%	4 ¹ / ₁₆	2	13%	1%	2%	1/2	19%	1/2	1/2	38	3/4 x 1/2
16	3	16TEF6-*	10%	12	5 ¹ / ₁₆	3 ³ / ₁₆	5	2%	14%	2	3%	1/2	21%	1/2	1/2	45	1/2 x 1/2
18	3	18TEF6-*	12%	13%	5 ¹ / ₁₆	3 ³ / ₁₆	5	2%	16	2	3%	1/2	24%	1/2	1/2	67	1/2 x 1/2
	3 ¹ / ₂	18TEF7-*	12%	13%	6 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	5 ¹ / ₁₆	2%	16	2	3%	1/2	24%	1/2	1/2	67	1/2 x 1/2

Tabla 0.10 Bridas para artesa tipo U
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]



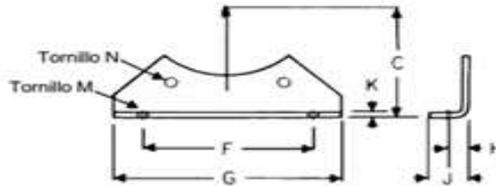
Diámetro del Helicoidal	Tornillos		A	B	E	F	G	H	J	K	L
	Número	Diámetro									
4	6	1/2	7	3%	1%	3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	—	—	—
6	6	1/2	8%	4%	1 ¹ / ₁₆	4%	4 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	—	—	—
9	8	1/2	12 ¹ / ₁₆	6%	1 ¹ / ₁₆	4%	3%	5%	4%	—	—
10	8	1/2	13 ¹ / ₁₆	6%	2%	3%	4 ¹ / ₁₆	5 ¹ / ₁₆	4%	—	—
12	8	1/2	15 ¹ / ₁₆	7%	1%	5 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	7%	5 ¹ / ₁₆	—	—
14	8	1/2	17 ¹ / ₁₆	9%	2 ¹ / ₁₆	5%	5 ¹ / ₁₆	6	5 ¹ / ₁₆	—	—
16	8	1/2	20	10%	2%	6%	6%	7%	6%	—	—

Tabla 0.11 Bridas para conexiones en artesa tipo U
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]



Tamaño	Número de Parte	A		B	K	L	N	Peso lb	Empaque de Hule Rojo
		Espesor de Artesa							Número de Parte
		A Calibre 10	1/4 y 1/2						
4	4TF*	5 1/4	5 1/2	3 3/8	1/4	1 1/4	3/8	.09	4TFG
6	6TF*	7 1/4	7 5/8	4 1/4	1/4	1 1/2	3/8	1.5	6TFG
9	9TF*	10 1/4	10 1/2	5 1/4	1/4	1 3/4	3/8	2.4	9TFG
10	10TF*	11 1/4	11 1/2	6 1/4	1/4	1 3/4	3/8	2.6	10TFG
12	12TF*	13 1/4	13 1/2	7 1/4	1/4	2	3/8	5.6	12TFG
14	14TF*	15 1/4	15 1/2	9	1/4	2	3/8	6.5	14TFG
16	16TF*	17 1/4	17 1/2	10 3/8	1/4	2	3/8	7.4	16TFG
18	18TF*	19 1/4	19 1/2	11 13/16	1/4	2 1/2	3/8	10.2	18TFG
20	20TF*	21 1/4	21 1/2	13 3/8	1/4	2 1/2	3/8	11.3	20TFG
24	24TF*	25 1/4	25 1/2	16 1/2	1/4	2 1/2	3/8	15.5	24TFG

Tabla 0.12 Pie de Brida
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]



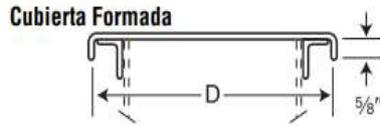
Diámetro del Transportador	Número de Parte				Peso lb				
	Sillita		Pie de Brida		Sillita		Pie de Brida		
4	4TS		4TFF		1.5		1.5		
6	6TS		6TFF		2.0		2.0		
9	9TS		9TFF		4.5		4.5		
10	10TS		10TFF		5.0		5.0		
12	12TS		12TFF		6.0		6.0		
14	14TS		14TFF		7.0		7.0		
16	16TS		16TFF		8.0		7.5		
18	18TS		18TFF		10 9.5				
20	20TS		20TFF		13 12.5				
24	24TS		24TFF		15 14.5				
Diámetro del Transportador	C	E	F	G	H	J	K	M*	N
4	4 1/4	1 3/8	5 1/4	7 1/4	1	1 1/4	3/8	3/8	3/8
6	5 1/4	1 3/8	8 1/4	10	1 1/4	2	3/8	3/8	3/8
9	7 1/4	1 1/2	9 1/4	12	1 1/2	2 1/4	3/8	3/8	3/8
10	8 1/4	1 1/2	9 1/4	12 1/2	1 1/2	2 1/4	3/8	3/8	3/8
12	9 1/4	1 1/2	12 1/4	15	1 1/2	2 1/4	3/8	3/8	3/8
14	10 1/4	1 1/2	13 1/4	16 1/2	1 1/2	2 1/4	3/8	3/8	3/8
16	12	1 1/2	14 1/4	18	2	3 1/4	3/8	3/8	3/8
18	13 1/4	1 1/2	16	19 1/2	2	3 1/4	3/8	3/8	3/8
20	15	2 1/4	19 1/4	22 1/2	2 1/4	3 1/4	3/8	3/8	3/8
24	18 1/4	2 1/4	20	24	2 1/4	4	3/8	3/8	3/8

**Tabla 0.13 Especificaciones de tipo de descargas
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]**

Díametro del Transportador	A	B	C	D	G	H	F
4	5	4½	3½	½	5½	11	2½
6	7	6	5	½	6½	14	3½
9	10	8	7½	½	8	19	5
10	11	9	7½	½	8½	20	5½
12	13	10½	8½	½	10½	24	6½
14	15	11½	10½	½	11½	27	7½
16	17	13½	11½	½	12½	30	8½
18	19	14½	12½	½	13½	33	9½
20	21	15½	13½	½	14½	36	10½
24	25	17½	15½	½	16½	42	12½

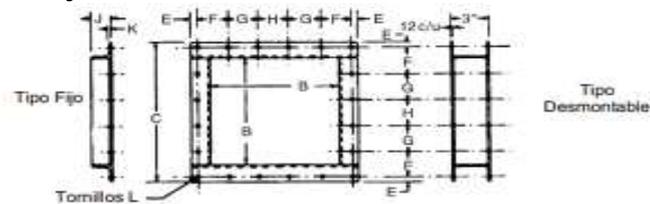
Díametro del Transportador	Espesor de la Artesa, Calibre	Espesor de la Descarga y de la Compuerta, Calibre	Número de Parte			Peso lb		
			Descarga Estándar		Descarga a Tapa Final	Descarga Estándar		Descarga a Tapa Final
			Secilla	Con Compuerta		Secilla	Con Compuerta	
4	16-14	Ø 14	4TSD14	4TSDS14	4TSDF14	2	6	1.5
4	12	12	4TSD12	4TSDS12	4TSDF12	3	7	2.25
6	14-12	Ø 14	6TSD14	6TSDS14	6TSDF14	4	11	3.0
6	½	12	6TSD12	6TSDS12	6TSDF12	6	13	4.50
9	16-14-12-10	Ø 14	9TSD14	9TSDS14	9TSDF14	8	18	6.0
9	½-½	10	9TSD10	9TSDS10	9TSDF10	13	22	9.75

Tabla 0.14 Especificaciones de Cubiertas de Artesa [Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



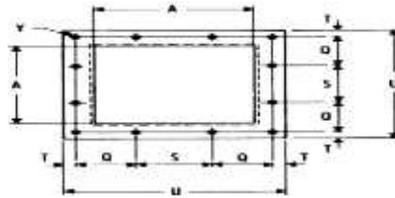
Diámetro del Transportador	Cubierta Plana				Cubierta Semiformada				Cubierta Formada				Cubierta a Dos Aguas			
	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D	Número de Parte	Grosor Cal.	Peso Por Pie lb	D
4	4TCP16	16	1.5	8	4TCS16	16	2.1	7%	4TCF16	16	1.9	8%	4TCH16	16	2.0	8%
*					4TCS14	14	2.6	4TCF14	14	2.4	4TCH14	14	2.5			
6	6TCP16	16	2.0	9%	6TCS16	16	2.3	9%	6TCF16	16	2.1	10%	6TCH16	16	2.3	10%
*					6TCS14	14	3.8	6TCF14	14	2.6	6TCH14	14	2.8			
9	9TCP14	14	3.5	13%	9TCS14	14	4.1	13%	9TCF16	16	3.2	14	9TCH16	16	3.3	14
*					9TCS12	12	5.7	9TCF14	14	3.9	9TCH14		14	4.1		
					9TCS10	10	7.3	9TCF12	12	5.5						
								9TCF10	10	7.1						
10	10TCP14	14	3.8	14%	10TCS14	14	4.4	14%	10TCF16	16	3.4	15	10TCH16	16	3.5	15
*					10TCS12	12	6.1	10TCF14	14	4.2	10TCH14		14	4.3		
					10TCS10	10	7.8	10TCF12	12	5.9						
								10TCF10	10	7.6						
12	12TCP14	14	4.6	17%	12TCS14	14	5.1	17%	12TCF14	14	4.9	18	12TCH14	14	5.0	18
**					12TCS12	12	7.1		12TCF12	12	6.9		12TCH12	12	7.1	
					12TCS10	10	9.0		12TCF10	10	8.8					
14	14TCP14	14	5.1	19%	14TCS14	14	5.6	19%	14TCF14	14	5.4	19%	14TCH14	14	5.5	19%
**					14TCS12	12	7.8		14TCF12	12	7.6		14TCH12	12	7.7	
					14TCS10	10	9.9		14TCF10	10	9.7					

Tabla 0.15 Especificaciones de tipo de entradas [Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



Diámetro del Transportador	Número de Parte		Peso lb	B	C		E		F	G	H	J	K	L
	Entrada Fija	Entrada Desmontable			Entrada Fija	Entrada Desmontable	Entrada Fija	Entrada Desmontable						
4	4CIF	4CID	1.8	5	7½	7½	¾	¾	2¼	—	2¼	1¼	¾	¾
6	6CIF	6CID	5.0	7	10	10	1¼	1¼	2¾	—	3	1½	¾	¾
9	9CIF	9CID	6.8	10	13	13	½	½	4	—	4	1½	¾	¾
10	10CIF	10CID	7.4	11	14¼	14¼	½	½	4¼	—	4¼	1½	¾	¾
12	12CIF	12CID	12.1	13	17½	17½	¾	¾	5¼	—	5¼	2	¾	¾
14	14CIF	14CID	13.7	15	19¼	19¼	¾	¾	3¾	3¾	3¾	2	¾	¾
16	16CIF	16CID	15.8	17	21¼	21¼	¾	¾	3¾	4	4	2	¾	¾
18	18CIF	18CID	29.0	19	24¼	24¼	1	1¼	4¼	4¼	4¼	2½	¾	¾
20	20CIF	20CID	31.8	21	26¼	26¼	1	1¼	4¼	4¼	4¼	2½	¾	¾
24	24CIF	24CID	37.2	25	30¼	30¼	1	1¼	5¼	5¼	5¼	2½	¾	¾

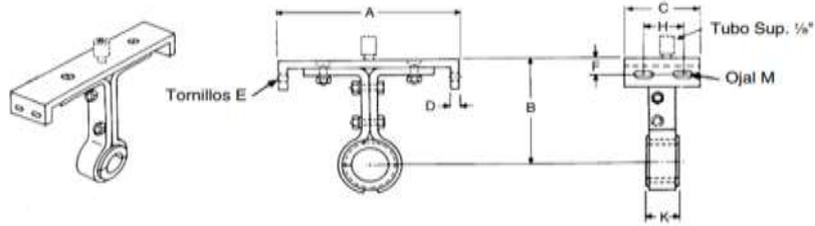
Tabla 0.16 Especificaciones de tipo de bridas en entradas y descargas [Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]



12 Tornillos

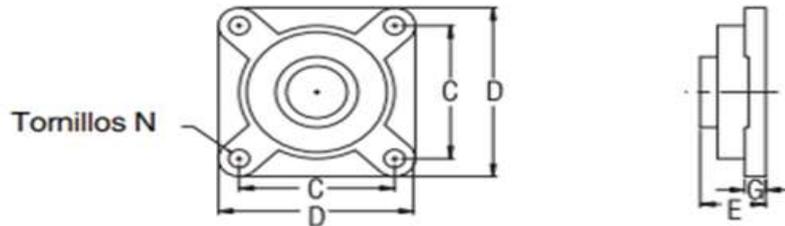
Diámetro del Helicoidal	Tornillos en la Brida		A	E	Q	R	S	T	U
	Tubular X	Descarga Y							
4	6 — ¾	12 — ¼	5	7	2¼	—	2¼	¾	7½
6	8 — ¾	12 — ¾	7	8¾	2¾	—	3	1¼	10
9	8 — ¾	12 — ¾	10	11¼	4	—	4	½	13
10	8 — ¾	12 — ¾	11	13¼	4¼	—	4¼	¾	14¼
12	8 — ½	12 — ¾	13	15	5¼	—	5¼	¾	17¼

Tabla 0.17 Especificaciones de tipo de colgante 226
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



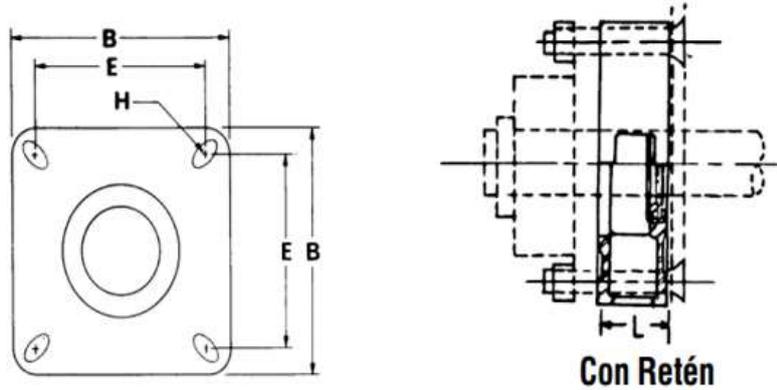
Diámetro del Transportador	Tamaño del Eje	Número de Parte*	A	B	C	D	E	F	H	K	M Ojal	Peso c/u lb
4	1	4CH2262	5	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	2	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8} \times \frac{1}{2}$	5
6	1 $\frac{1}{2}$	6CH2263	7	4 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8}$	7
9	1 $\frac{1}{2}$	9CH2263	10	6 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	1	2 $\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8}$	9
	2	9CH2264	10	6 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	1	2 $\frac{1}{2}$	2		11
10	1 $\frac{1}{2}$	10CH2263	11	6 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	1	2 $\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8}$	10
	2	10CH2264	11	6 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	1	2 $\frac{1}{2}$	2		12
12	2	12CH2264	13	7 $\frac{1}{2}$	5	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8}$	16
	2 $\frac{1}{8}$	12CH2265	13	7 $\frac{1}{2}$	5	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	3		21
	3	12CH2266	13	7 $\frac{1}{2}$	5	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	3		28

Tabla 0.18 Especificaciones de tipo de Rodamientos de bolas
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



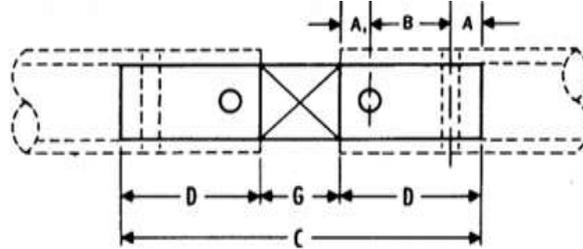
Barreno	Número de Parte	C	D	E	G	N
1	TEB2BB	2 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
1 $\frac{1}{2}$	TEB3BB	4	5 $\frac{5}{8}$	2	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{2}$
2	TEB4BB	5 $\frac{5}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{5}{8}$
2 $\frac{7}{16}$	TEB5BB	5 $\frac{5}{8}$	7	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{5}{8}$
3	TEB6BB	6	7 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
3 $\frac{7}{16}$	TEB7BB	6 $\frac{3}{4}$	8 $\frac{7}{16}$	4	1	$\frac{3}{4}$

Tabla 0.19 Especificaciones de Sello de caja con estopa
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



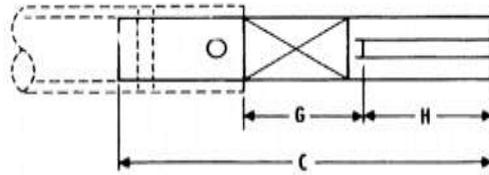
A Diám. del Eje	Número de Parte	B	L	E		Tornillos H		Peso (lb)
				(-B)	(-R)	(-B)	(-R)	
1½	CSW3	5¾	1¾	4	4½	½	½	6
2	CSW4	6½	1¾	5⅝	4¾	⅝	½	8
2⅞	CSW5	7⅝	1¾	5⅝	5⅝	⅝	⅝	10
3	CSW6	7¾	1¾	6	6	¾	¾	13
3⅞	CSW7	9¼	2¼	6¾	7	¾	¾	16

Tabla 0.20 Especificaciones de Ejes de Acoplamiento
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



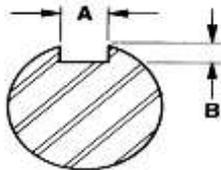
Diámetro de Eje	Número de Parte*	A ₁	A	B	C	D	G	Peso lb
1	CC2	½	½	2	7½	3	1½	1.5
1½	CC3	⅞	⅞	3	11½	4¾	2	5.6
2	CC4	⅞	⅞	3	11½	4¾	2	9.8
2⅞	CC5	1⅝	1⅝	3	12¾	4⅞	3	15.4
3	CC6	1	1	3	13	5	3	23.8
3⅞	CC7	1½	1¼	4	17½	6¾	4	44.5

Tabla 0.21 Especificaciones de Ejes Motrices de rodamiento de bolas
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



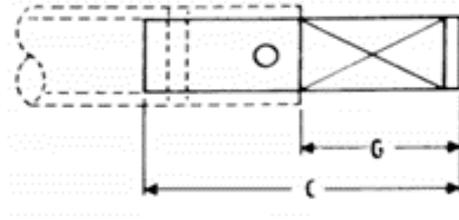
Diámetro del Eje	Número de Parte	C	G	H	Peso (lb)
1	1CD2BB-W	10½	¾	3	2.0
1½	1CD3BB-W	13¼	5¼	¾	6.4
2	1CD4BB-W	14⅞	5⅝	4½	13.0
2⅞	1CD5BB-W	16⅞	6½	5½	20.5
3	1CD6BB-W	18⅞	7⅞	6	35.5
3⅞	1CD7BB-W	22⅞	8⅞	7¼	58.4

Tabla 0.22 Especificaciones de Cuña para ejes motrices
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



Diámetro de Eje	A	B
1	¼	¼
1½	¾	¾
2	½	¼
2⅞	¾	¾
3	¾	¾
3⅞	¾	¾

Tabla 0.23 Especificaciones de Eje Terminal de rodamiento de bolas
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]



Rodamiento de Bolas				
Diámetro del Eje	Número de Parte*	C	G	Peso lb
1	CE2BB-W	7½	3¾	1.4
1½	CE3BB-W	10	5¼	4.8
2	CE4BB-W	10⅝	5⅝	9.0
2⅞	CE5BB-W	11⅝	6½	14.8
3	CE6BB-W	12⅝	7⅝	24.0
3⅞	CE7BB-W	15⅝	8⅝	40.2

APÉNDICE E

Factores para determinar la potencia del Transportador Sinfín Helicoidal

Tabla 0.24 Cargas de Artesa
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]

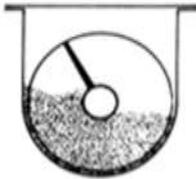
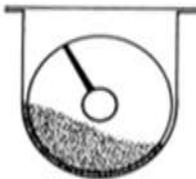
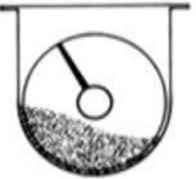
Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pico Cúbica por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
45% 	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.20	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.40	2820	145
	14	31.20	4370	140
	16	46.70	6060	130
	18	67.60	8120	120
	20	93.70	10300	110
	24	164.00	16400	100
	30	323.00	29070	90
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

Tabla 0.25 Factor de diámetro del transportador
[Manejo de Materiales, Alimentadores Helicoidales]

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

Tabla 0.26 Factor del Buje para Colgante
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Mastan</i>	2.0
S	<ul style="list-style-type: none"> * Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano 	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Mastan</i>	3.4
H	<ul style="list-style-type: none"> * Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica 	4.4

Tabla 0.27 Factor del Helicoidal
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

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

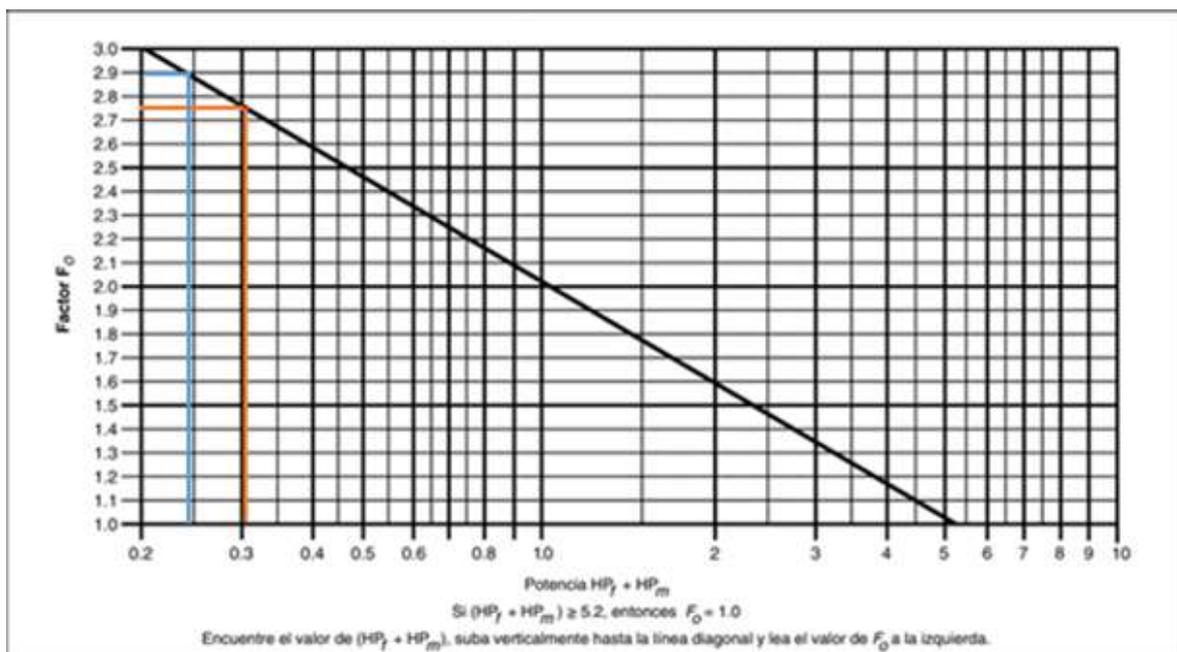


Figura 0.1 Factor de Sobrecarga
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]

Cálculo de la velocidad del transportador helicoidal 2:

$$S = \frac{0.34 * 3.14 * 0.254^2}{4} = 0.0172m^2$$

$$N_2 = \frac{10.06}{60 * 0.0172 * 0.63 * 0.5 * 0.254} = 122 \text{ rpm}$$

La potencia necesaria para que operen los transportadores, se la calcula con las ecuaciones mencionadas en la sección 2.8.4 y con los factores mencionados en esta sección.

Para el Transportador Helicoidal 1 tenemos:

$$HP_f = \frac{20 * 70 * 31 * 2}{1000000} = 0.087 \text{ Hp}$$

$$HP_m = \frac{563.55 * 20 * 39.3 * 1 * 0.5}{1000000} = 0.222 \text{ Hp}$$

$$HP \text{ Total} = \frac{(0.31)^{2.75}}{0.94} = 0.91 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

Y para el Transportador Helicoidal 2:

$$HP_f = \frac{10 * 122 * 31 * 2}{1000000} = 0.076 \text{ Hp}$$

$$HP_m = \frac{560 * 10 * 39.3 * 1 * 0.5}{1000000} = 0.11 \text{ Hp}$$

$$HP_i = \frac{10.06 * 1.5 * 1.34}{367} = 0.055 \text{ Hp}$$

$$HP \text{ Total} = \frac{(0.241)^{2.90}}{0.94} = 0.75 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$

**Tabla 0.28 Capacidad Torsional de los Componentes
[Manejo de Materiales,Alimentadores Helicoidales]**

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

Para calcular el torque en el conjunto del Transportador 1 se utilizarán 2 Hp de potencia y 1 Hp de potencia para el Transportador 2

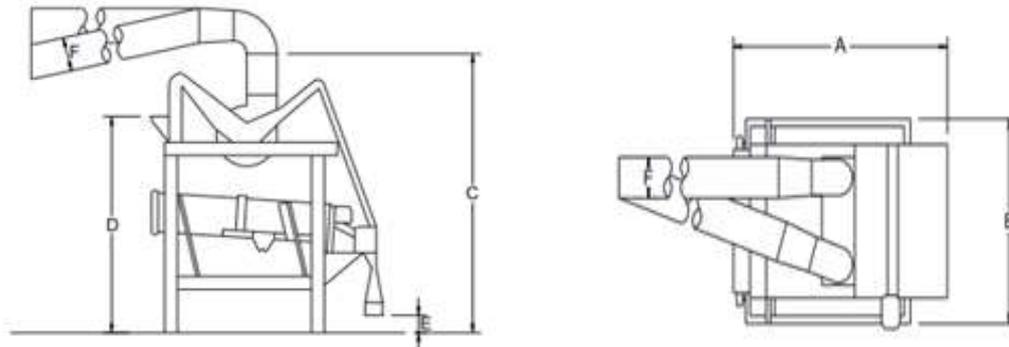
$$Torque_{trans 1} = \frac{63025 * 2}{70} = 1800 \text{ lb} * \text{pulgada}$$

$$Torque_{trans 2} = \frac{63025 * 1}{122} = 517 \text{ lb} * \text{pulgada}$$

APÉNDICE F

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DE LIMPIEZA Y PESADO

Tabla 0.29 Dimensiones de Prelimpiadora Preli-1
[Manual Pinhalense]

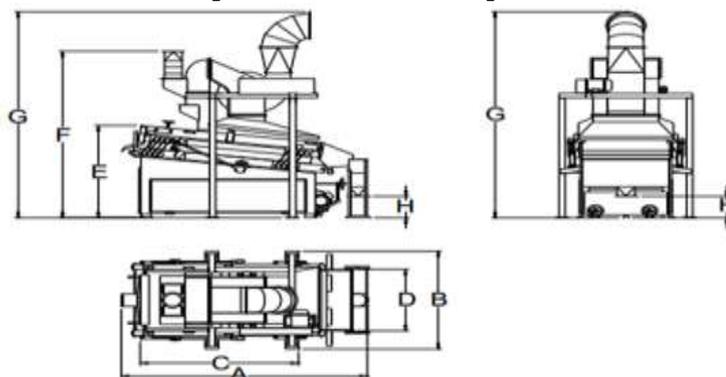


TIPO	DIMENSIONES (m)					
	A	B	C	D	E	F
PRELI-1	2.60	1.20	3.30	2.50	0.20	0.35

Tabla 0.30 Especificaciones de Prelimpiadora Preli-1
[Manual Pinhalense]

TIPO TYPE TIPO	CAPACIDADE CAPACITY CAPACIDAD		MOTOR ELÉTRICO ELETRIC MOTOR MOTOR ELÉCTRICO	PESO LÍQUIDO NET WEIGHT PESO NETO	VOLUME VOLUME CUBAJE
	kg/h				
	CAFÉ PERG./COCO DRY PACH / DRY CHERRY CAFÉ PERG. / CEREZA SECA	CAFÉ BEN./CEREAIS GREEN COFFEE / GRAINS CAFÉ ORO / GRANOS	HP	kg	m ³
PRELI-1	4.800 / 7.200	8.000 / 12.000	2 / 5	900	10,20

**Tabla 0.31 Dimensiones de Despedradora Flutuar CPFBNR-4
[Manual Pinhalense]**

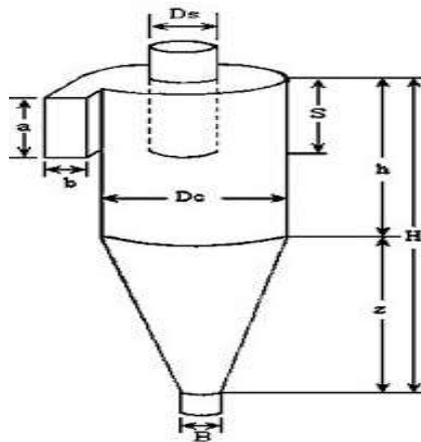


TIPO	DIMENSIONES (m)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
CPFBNR4	2.85	2.20	1.85	1.60	1.55	2.30	3.20	0.50

**Tabla 0.32 Especificaciones de Despedradora Flutuar CPFBNR-4
[Manual Pinhalense]**

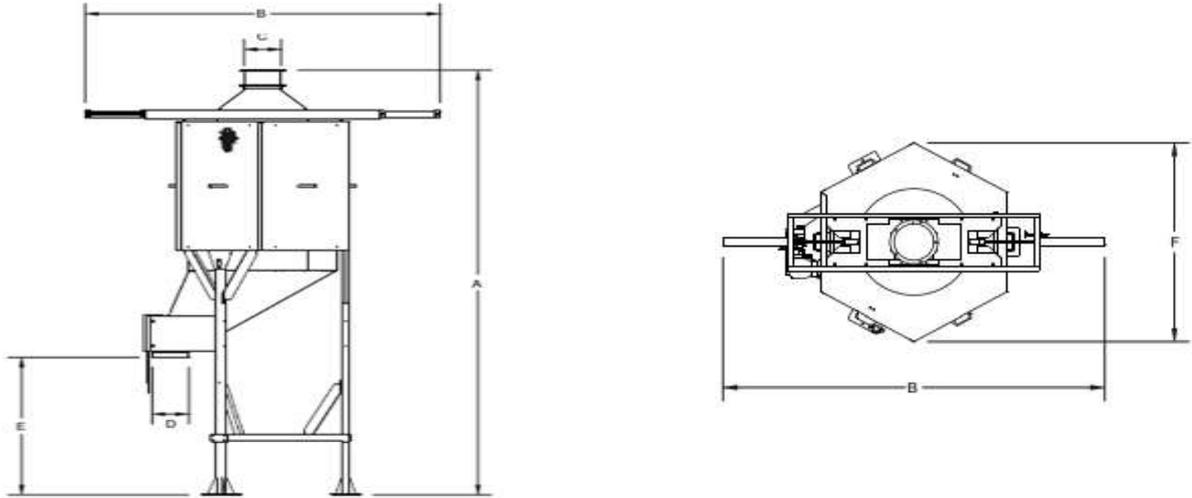
TIPO TYPE TIPO	CAPACIDADE** - CAPACITY** - CAPACIDAD**		MOTOR ELÉTRICO ELETRIC MOTOR MOTOR ELÉCTRICO	PESO LÍQUIDO NET WEIGHT PESO NETO	VOLUME VOLUME CUBAJE
	CAFÉ COCO/PERGAMINHO DRY CHERRIES/PARCHMENT CEREZA SECA/PERGAMINHO	CAFÉ LIMPO GREEN COFFEE CAFÉ ORO			
	kg/h	kg/h	HP	kg	m ³
CPF-1	1.800 / 2.000	1.800 / 2.400	7,5	650	5,81
CPF-2	3.800 / 4.000	3.000 / 4.200	10	880	6,61
CPF-3	7.500 / 8.000	4.800 / 6.000	15	1.100	8,18
CPFBNR-1	-	3.200 / 4.500	5 / 0,5	760	7,90
CPFBNR-2	-	6.000 / 7.200	5 / 0,5	813	8,43
CPFBNR-3	-	8.000 / 10.000	5 / 0,5	1.100	10,10
CPFBNR-4A	-	11.000 / 12.500	1 / 7,5 / 10	1.570	12,24

Tabla 0.33 Dimensiones de Ciclón tipo Stairmand
[Sciolo]



Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón		
		Stairmand	Swift	Echeverri
Diámetro del ciclón	D_c/D_c	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/D_c	0.5	0.44	0.5
Ancho de entrada	b/D_c	0.2	0.21	0.2
Altura de salida	S/D_c	0.5	0.5	0.625
Diámetro de salida	D_s/D_c	0.5	0.4	0.5
Altura parte cilíndrica	h/D_c	1.5	1.4	1.5
Altura parte cónica	z/D_c	2.5	2.5	2.5
Altura total del ciclón	H/D_c	4.0	3.9	4.0
Diámetro salida partículas	B/D_c	0.375	0.4	0.375
Factor de configuración	G	551.22	698.65	595.71
Número cabezas de velocidad	NH	6.4	9.24	6.4
Número de vórtices	N	5.5	6.0	5.5

**Tabla 0.34 Dimensiones de Balanza Smartflux
[Manual Pinhalense]**



TIPO	DIMENSIONES (m)					
	A	B	C	D	E	F
SMARFLUX	3.90	2.50	0.127	0.127	1.25	1.35

**Tabla 0.35 Especificaciones de Balanza Smartflux
[Manual Pinhalense]**

TIPO	CAPACIDAD	PESO LÍQUIDO	VOLUMEN
	t/h	Kg	m^3
SMARFLUX	20	170	11

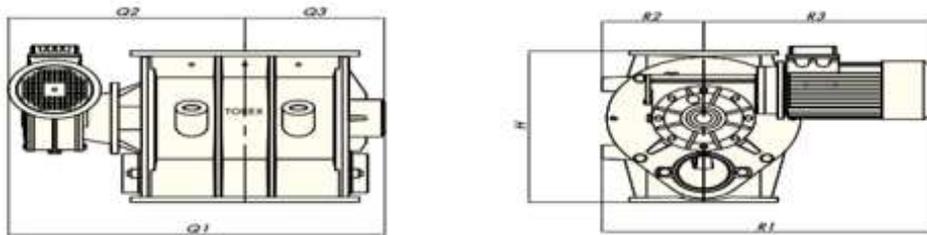
Selección de válvula rotativa

La válvula rotativa seleccionada es la TOREX RVS 10 a 30 rpm debido que sus especificación es la adecuada a la carga requerida de diseño. Será instalada despues de la balanza por batcheado.

Tabla 0.36 Especificaciones de válvula rotativa RVS 10
[Catálogo WAM de Válvulas Rotatorias]

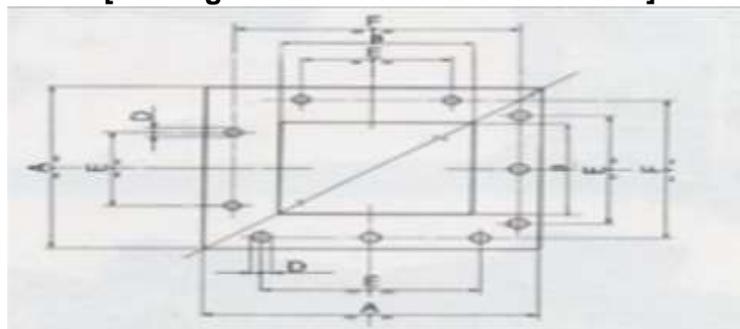
TYPE	m ³ /h at 10 rpm	m ³ /h at 20 rpm	m ³ /h at 30 rpm	Litres per Revolution	Max. Pressure Differential (bar)	Working Temperature
RVS 05	3.0	6.0	9.0	5	0.7	-20 °C – 60 °C
RVS 10	5.4	10.8	16.2	9	0.7	-20 °C – 60 °C

Tabla 0.37 Dimensiones de válvula rotativa RVS 10
[Catálogo WAM de Válvulas Rotatorias]



	TYPE	Dimensions in mm						E-Motor		
		Q1	Q2	Q3	R1	R2	R3	H	kW	min ⁻¹
30 RPM	RVS/C 05	505	342	163	550	130	420	335	0.55	1,400
	RVS/C 10	572	372	200	560	140	420	339	0.75	1,400
	RVS/C 15	605	390	215	588	162	426	399	1.1	1,400

Tabla 0.38 Dimensiones de brida de válvula rotativa RVS 10
[Catálogo WAM de Válvulas Rotatorias]



SIZE	A	B	D	E	F
RV 6"	10 7/16"	5 29/32"	9/16"	4 23/72"	8 55/64"
RV 8"	12 19/32"	7 7/8"	9/16"	5 29/32"	11 1/32"
RV 10"	14 3/4"	9 27/32"	9/16"	7 3/32"	13 3/16"
RV 12"	17 5/16"	11 13/16"	3/4"	5 1/8"	15 3/4"

APÉNDICE G

**Tabla 0.39 Clasificación del material
[CEMA, 2019]**

Código de Clasificación del Material		
Clase	Características del Material	Código
Densidad	Densidad Relativa, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	<p>Muy Fino Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor</p> <p>Fino Malla No. 6 (.132") y menor</p> <p>Granular ½" y menor (malla 6 to ½") 3" y menor (½" a 3") 7" y menor (3" a 7")</p> <p>Trozos 16" y menor (0" a 16") Mayor a 16" debe especificarse X = Tamaño máximo actual</p> <p>Irregular Fibroso, cilíndrico, etc.</p>	<p>A₂₀₀ A₁₀₀ A₄₀ B₆ C_½ D₃ D₇ D₁₆ D_X E</p>
Flujo	Fluido Muy libre Fluido Libre Fluido Promedio Fluido Lento	1 2 3 4
Abrasividad	Abrasividad Media Abrasividad Moderada Abrasividad Extrema	5 6 7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	<p>Acumulación y Endurecimiento</p> <p>Genera Electricidad Estática</p> <p>Se Deteriora en Almacenamiento</p> <p>Inflamabilidad</p> <p>Se hace Plástico o Tiende a Suavizarse</p> <p>Muy Polvoso</p> <p>Al Airearse se Convierte en Fluido</p> <p>Explosividad</p> <p>Pegajoso — Adhesión</p> <p>Contaminable, Afecta Uso</p> <p>Degradable, Afecta Uso</p> <p>Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos</p> <p>Altamente Corrosivo</p> <p>Medianamente Corrosivo</p> <p>Higroscópico</p> <p>Se entrelaza, Enreda o Aglomera</p> <p>Presencia de Aceites</p> <p>Muy Ligero — Puede ser Levantado por el Viento</p> <p>Temperatura Elevada</p>	<p>F G H J K L M N O P Q R S T U V W Y Z</p>

**Tabla 0.40 Elevador de Banda Serie 100
[Martin, 2013]**

Número de Elevador	Capacidad Máx. P.C.H.	Cangilones				Banda		Tamaño Máx. Partícula		Tamaño Nom. de la Caja		Polea en Cabeza		Polea en Bota	
		Ancho	Proy.	Prof.	Espacio	Ancho	P.P.M.	100%	10%	Ancho	Prof.	Diámetro	RPM	Diámetro	Diámetro de Eje
B43-139	95	4	2¼	3	8	5	140	¼	1	8	18	8.00	62.9	8.00	1.5000
B64-141	293	6	4	4.25	13	7	235	½	2½	11¼	35	20.00	43.8	16.00	1.5000
B64-140	324	6	4	4.25	13	7	260	½	2½	11¼	39	24.00	40.5	16.00	1.5000
B85-142	543	8	5	5.5	16	9	230	¾	3	13¼	39	20.00	42.9	14.00	2.0000
B85-143	591	8	5	5.5	16	9	250	¾	3	13¼	42	24.00	39	16.00	2.0000

Tabla 0.41 Dimensiones Serie 100
[Martin, 2013]

No. de Elevador de Cadena	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Cadena	Dimensiones [Ⓢ] (En Pulgadas)																		
				Cuerpo				Bota								Cabeza						
				A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1 [Ⓢ]
C43-101		B43-139		8	18	9	6	27%	36%	42	9	6	10	6	15	8	17%	36	14	9	20%	13
C64-102				9%	35	13	9	26%	43	72	17%	14%	13%	13	29%	10	28%	42	19%	17%	30%	13
		B64-140		11%	39	14	9	26%	43	72	19%	16%	15%	13	31%	10	30%	42	21%	19%	32%	14
C85-103		B64-141		11%	35	13	9	26%	43	72	17%	14%	15%	13	29%	10	28%	42	19%	17%	30%	14
C85-104	B85-790		C85-766	11%	39	14	9	26%	43	72	19%	16%	15%	13	31%	10	30%	42	21%	19%	32%	14
C85-105			C85-767	11%	39	14	9	26%	43	72	19%	16%	15%	13	31%	10	30%	42	21%	19%	32%	14
C85-107				11%	42	16	9	32%	50	72	21	18	15%	13	32%	10	33%	42	24	21	36%	14%
C85-108				13%	39	14	9	26%	43	72	19%	16%	17%	13	31%	10	30%	42	21%	19%	32%	15
C106-110	B105-791	B85-142	C105-768	13%	39	14	9	26%	43	72	19%	16%	17%	13	31%	10	30%	42	21%	19%	32%	15
C106-111		B85-143		13%	42	16	9	32%	50	72	21	18	17%	13	32%	10	33%	42	24	21	36%	15%

Tabla 0.42 Cangilón estilo AA
[Martin, 2013]

Tamaño de cangilón			Peso (lb)	Capacidad pies cúbicos X—X
A	B	C		
4	2 $\frac{1}{4}$	3	1.0	.01
6	4	4 $\frac{1}{4}$	2.7	.03
8	5	5 $\frac{1}{2}$	4.8	.07

Tabla 0.43 Perforación en cangilón
[Martin, 2013]

Perforación	A	B	C*
B-1	4 $\frac{3}{8}$	1	$\frac{1}{4}$
B-6	3	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{16}$

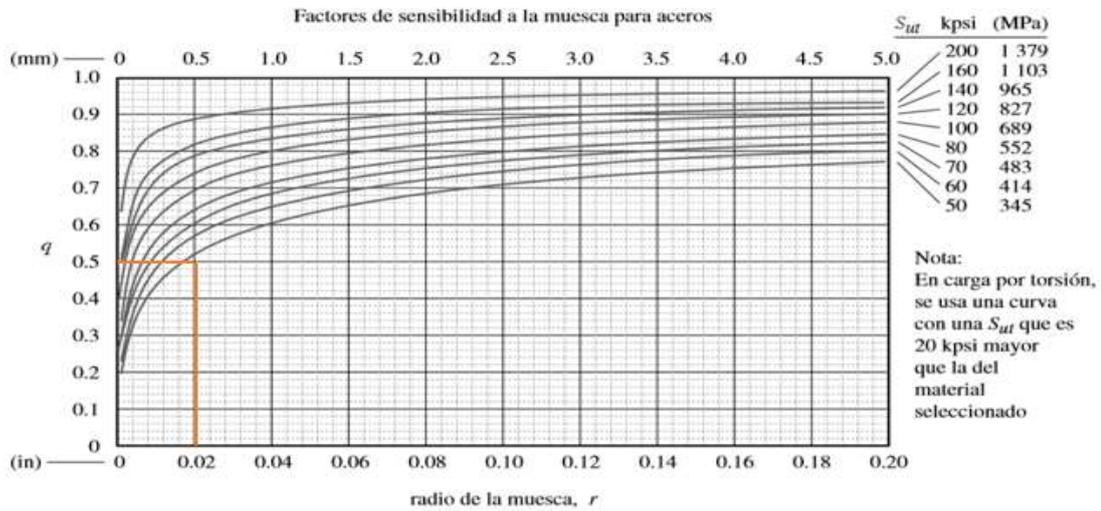
**Tabla 0.44 Selección de motorreductor
[Catalogo FAMA]**

relac. R=1		rpm salid.	Tamaño 45			Tamaño 60			Tamaño 80			Tamaño 90			Tamaño 102		
F	Real		Cv ₁	Nm	F.S.	Cv ₁	Nm	F.S.	Cv ₁	Nm	F.S.	Cv ₁	Nm	F.S.	Cv ₁	Nm	F.S.
7.5	7.3	239	0.6	15	3.2	1.2	31	2.8	3.0	79	1.5	5.0	134	1.2	7.5	194	1.3
10	10.3	169	0.6	20	1.7	1.2	42	2.5	3.0	108	1.3	5.0	173	1.1	7.5	280	1.1
12.5	12.3	142	0.6	23	1.5	1.2	49	1.1	3.0	127	1.3	5.0	202	1.0	7.5	327	1.0
15	15.5	113	0.6	27	1.3	1.8	89	1.0	3.0	155	1.1	4.0	200	1.1	6.6	358	1.0
20	20.5	85	0.6	33	1.0	1.2	74	1.0	3.0	197	1.0	4.0	257	1.1	6.0	422	1.1
25	25.5	69	0.6	38	1.0	1.0	73	1.1	2.4	177	1.1	4.0	304	1.0	5.0	419	1.1
30	30.5	57	0.4	44	1.0	1.0	84	1.1	2.4	212	1.0	3.0	262	1.2	4.0	395	1.2
35	35	50	0.4	29	1.2	1.0	82	1.0	2.0	197	1.1	3.0	288	1.1	4.0	435	1.2
40	40	44	0.4	35	1.2	1.0	105	1.0	2.0	218	1.0	3.0	315	1.0	4.0	484	1.0
45	45	39	0.4	36	1.2	0.9	104	1.0	1.2	141	1.4	2.4	275	1.1	3.0	397	1.2
50	50	35	0.4	48	0.8	0.8	97	1.0	1.2	150	1.2	2.0	247	1.1	3.0	419	1.0
60	60	29	0.4	49	0.7	0.6	76	1.1	1.2	165	1.0	2.0	269	1.0	2.4	386	1.1

**Tabla 0.45 Dimensiones de motorreductor
[Catalogo FAMA]**

Tamaño	MOTOR		a	b	c	d1	e1	f1	g	h	i	k	k1	n	l	l1	x	y	o	p	q	D	
	HP	EC																					
45	0.4	71	110	95	150	18	6	20.5	90	75	45	38	70	45	68	80	205	143	35	10	8	160	
	0.6	71															205	143					
60	0.4	71	140	115	190	25	8	27.9	110	90	60	45	90	55	84	100	205	143	45	15	10	200	
	0.6	71															100	205					143
	0.9	80															100	205					143
	1.0	80															106	241					153
	1.2	80															106	241					153
80	1.0	80	165	148	232	34	10	37.3	130	120	80	60	100	65	100	115	241	153	65	20	13	200	
	1.2	80															115	241					153
	1.8	90L															115	277					181
	2.0	90L															115	277					181
	2.4	90L															115	277					181
	3.0	90L															115	277					181
90	1.2	80	200	165	255	38	10	41.3	155	140	90	65	115	75	115	130	241	153	75	20	14	200	
	1.8	90L															130	252					181
	2.0	90L															130	252					181
	2.4	90L															130	252					181
	3.0	90L															130	277					181
	4.0	112M															135	306					227
5.0	112M	135	306	227																			
102	2.0	90L	225	190	302	42	12	45.1	180	155	102	75	140	85	130	145	277	181	85	22	16	200	
	2.4	90L															145	277					181
	3.0	90L															145	277					181
	4.0	112M															150	306					227
	5.0	112M															150	306					227
	6.0	112M															150	306					227
7.5	112M	150	306	227																			

**Tabla 0.46 Sensibilidad de la muesca
[Norton, 2011]**



**Tabla 0.47 Factor de confiabilidad
[Norton, 2011]**

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Tabla 0.48 Factor de superficie para diferente superficie [Norton, 2011]

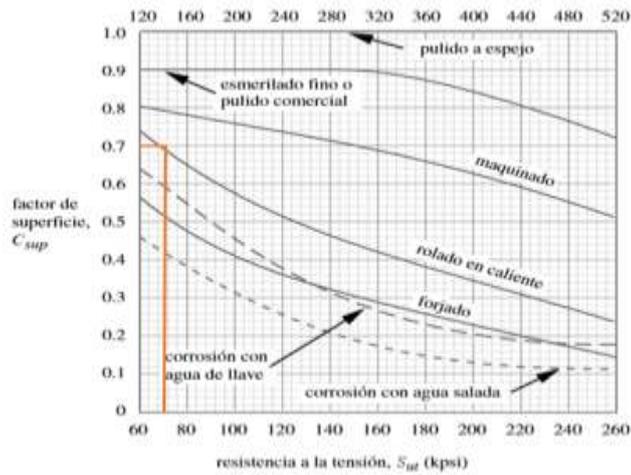


Tabla 0.49 Selección de rodamiento [SKF, 2015]

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	Carga dinámica C	Carga estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-
40	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	10,2	0,44	22 000	14 000	0,13	‡ 16008
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	14 000	0,19	‡ 6008
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	‡ 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	‡ 6308
45	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408
	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,04	61809
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	13 000	0,14	61909
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	‡ 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,24	‡ 6009

**Tabla 0.50 Selección de chumacera
[SKF, 2015]**

Dimensions														Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Designation
d	A	A ₁	B	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁	C	C ₀	P _u	r/min	Bearing unit	
mm														kN	kN	r/min	-	
12	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 12 TF	
15	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 15 TF	
17	32	18	27,4	57	30,2	14	97	127	20,5	11,5	10	15,9	9,56	4,75	0,2	9 500	SY 17 TF	
20	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SY 20 TF	
	34	23	31	65	33,3	14	97	127	20,7	13	10	18,3	12,7	6,55	0,28	8 500	SY 20 TF	
	32	21	31	65	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	12,7	6,55	0,28	5 000	SY 20 TR	
25	36	22	34,1	70,5	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	14	7,8	0,335	7 000	SY 25 TF	
	38	24	34,1	70,5	36,5	16	102,5	140	21,5	13	10	19,8	14	7,8	0,335	7 000	SY 25 TF	
	36	22	34,1	70,5	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	14	7,8	0,335	4 300	SY 25 TR	
30	40	25	38,1	82,5	42,9	17	117,5	152	23,5	14	12	22,2	19,5	11,2	0,475	6 300	SY 30 TF	
	42	27	38,1	82,5	42,9	16	118	165	24	17	14	22,2	19,5	11,2	0,475	6 300	SY 30 TF	
	40	25	38,1	82,5	42,9	17	117,5	152	23,5	14	12	22,2	19,5	11,2	0,475	3 800	SY 30 TR	
35	45	27	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	25,5	15,3	0,655	5 300	SY 35 TF	
	46	28	42,9	93	47,6	17	129	167	24	17	14	25,4	25,5	15,3	0,655	5 300	SY 35 TF	
	45	27	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	25,5	15,3	0,655	3 200	SY 35 TR	
40	48	30	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	30,7	19	0,8	4 800	SY 40 TF	
	49	31	49,2	99	49,2	18	136,5	184	25,5	17	14	30,2	30,7	19	0,8	4 800	SY 40 TF	
	48	30	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	30,7	19	0,8	2 800	SY 40 TR	
45	48	32	49,2	107,5	54	21	143,5	187	22,5	14	12	30,2	33,2	21,6	0,915	4 300	SY 45 TF	
	52	36	49,2	107,5	54	20	143,5	190	23,5	17	14	30,2	33,2	21,6	0,915	4 300	SY 45 TF	
	48	32	49,2	107,5	54	21	143,5	187	22,5	14	12	30,2	33,2	21,6	0,915	2 400	SY 45 TR	

**Tabla 0.51 Selección de acoplamiento
[RINGSPANN, 2018]**

Tamaño	Par o fuerza axial máx. transmisible		Tornillos de apriete				D	B	L ₁	L ₂	Peso
	M	F	Par de apriete	Número	Tamaño	Longitud					
d	M	F	M _s				mm	mm	mm	mm	kg
mm	Nm	kN	Nm								
14	130	18	16	4	M6	45	45	56	15	50	0,38
15	140	18	16	4	M6	45	45	56	15	50	0,35
16	150	18	16	4	M6	45	45	56	15	50	0,37
17	160	18	16	4	M6	45	45	56	15	50	0,40
18	160	17	16	4	M6	45	50	56	15	50	0,45
19	170	17	16	4	M6	45	50	56	15	50	0,44
20	180	18	16	4	M6	45	50	56	15	50	0,44
22	310	28	16	6	M6	55	55	66	18	60	0,50
24	330	27	16	6	M6	55	55	66	18	60	0,63
25	350	28	16	6	M6	55	55	66	18	60	0,61
28	340	24	16	6	M6	55	60	66	18	60	0,75
30	370	24	16	6	M6	55	60	66	18	60	0,71
32	520	32	37	4	M8	70	75	83	20	75	0,14
35	570	32	37	4	M8	70	75	83	20	75	1,33
38	620	32	37	4	M8	70	75	83	20	75	1,20
40	650	32	37	4	M8	70	75	83	20	75	1,19
42	990	47	37	6	M8	80	85	93	22	85	1,80
45	1050	46	37	6	M8	80	85	93	22	85	1,72

APÉNDICE H

**Tabla 0.52 Sueldo Mecánico
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Concepto	Mecánico		
	Mes	Día	Hora
Sueldo	550,00	25,00	3,13
Décimo tercero	45,83	2,08	0,26
Décimo cuarto	33,33	1,52	0,19
Fondo de Reserva	45,83	2,08	0,26
Vacaciones	22	1,00	0,13
Desahucio	33,33	1,52	0,19
Utilidad	66,00	3,00	0,38
Imprevistos	41,25	1,88	0,23
Total	769,4	38,07	4,76

**Tabla 0.53 Sueldo Eléctrico
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Concepto	Eléctrico		
	Mes	Día	Hora
Sueldo	550,00	25,00	3,13
Décimo tercero	45,83	2,08	0,26
Décimo cuarto	33,33	1,52	0,19
Fondo de Reserva	45,83	2,08	0,26
Vacaciones	22	1,00	0,13
Desahucio	33,33	1,52	0,19
Utilidad	66,00	3,00	0,38
Imprevistos	41,25	1,88	0,23
Total	769,4	38,07	4,76

**Tabla 0.54 Hora Hombre Soldador
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Concepto	Soldador		
	Mes	Día	Hora
Sueldo	600,00	27,27	3,41
Décimo tercero	50,00	2,27	0,28
Décimo cuarto	33,33	1,52	0,19
Fondo de Reserva	45,83	2,08	0,26
Vacaciones	24,00	1,09	0,14
Desahucio	33,33	1,52	0,19
Utilidad	72,00	3,27	0,41
Imprevistos	45,00	2,05	0,26
Total	903,49	41,07	5,13

**Tabla 0.55 Hora Hombre Supervisor
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Concepto	Supervisor		
	Mes	Día	Hora
Sueldo	700,00	31,82	3,98
Décimo tercero	58,33	2,65	0,33
Décimo cuarto	33,33	1,52	0,19
Fondo de Reserva	58,33	2,65	0,33
Vacaciones	28,00	1,27	0,16
Desahucio	33,33	1,52	0,19
Utilidad	84,00	3,82	0,48
Imprevistos	52,50	2,39	0,30
Total	975.39	47,63	5,95

**Tabla 0.56 Sueldo Asistente
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Concepto	Asistente		
	Mes	Día	Hora
Sueldo	400,00	18,18	2,27
Décimo tercero	33,33	1,52	0,19
Décimo cuarto	33,33	1,52	0,19
Fondo de Reserva	33,33	1,52	0,19
Vacaciones	16,00	0,73	0,09
Desahucio	33,33	1,52	0,19
Utilidades	48,00	2,18	0,27
Imprevistos	30,00	1,36	0,17
Total	627,32	28,51	3,56

**Tabla 0.57 Equipamiento de Grupo
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Equipamiento	Mecánico	Electrico	Soldador	Supervisor Mecánico	Asistentes	Costo	Mecánico	Electrico	Soldador	Supervisor Mecánico	Asistente
Barbiquejo	4	4	4	2	4	4,00	0,09	0,09	0,09	0,05	0,09
Protector auditivo	3	3	3	1	2	25,00	0,43	0,43	0,43	0,14	0,28
Botas	4	4	4	1	2	40,00	0,91	0,91	0,91	0,23	0,46
Camiseta	8	8	8	4	6	10,00	0,46	0,46	0,46	0,23	0,34
Careta para soldar	3	3	3	1	2	45,00	0,77	0,77	0,77	0,26	0,51
Casco	3	3	3	1	2	17,50	0,30	0,30	0,30	0,10	0,20
Chaleco reflectivo	4	4	4	4	4	3,50	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Arnes	4	4	4	0	4	50,00	1,14	1,14	1,14	0,00	1,14
Gafas	6	6	6	2	6	7,00	0,24	0,24	0,24	0,080	0,24
Guantes soldador	4	4	4	0	2	10,00	0,23	0,23	0,23	0,00	0,11
Mangas	4	4	4	0	2	7,00	0,16	0,16	0,16	0,00	0,08
Mascarilla gases	4	4	4	2	4	25,00	0,57	0,57	0,57	0,28	0,57
Filtro 2097	4	4	4	2	4	22,00	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50
Overoles	4	4	4	0	4	45,00	1,02	1,02	1,02	0,00	1,02

Pantalón	8	8	8	4	6	15,00	0,68	0,68	0,68	0,34	0,51
Polainas	4	4	4	0	2	7,00	0,16	0,16	0,16	0,00	0,08
Total del día							7,72	7,72	7,72	1,95	6,22
Costo equipamiento a la hora							0,97	0,97	0,97	0,24	0,63

**Tabla 0.58 Costo Hora Hombre
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Costos	Mecánico	Electrico	Soldador	Supervisor Mecánico	Asistente
IESS	2,92	2,92	3,42	3,72	2,12
Transporte	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Alimentación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Chequeos médicos	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Capacitaciones	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Costo de operación	38,07	38,07	41,07	47,63	28,51
Equipamiento	0,97	0,97	0,97	0,24	0,63
Costo al día	58,55	58,55	62,05	68,91	48,19
Costo Hora	7,32	7,32	7,76	8,61	6,02

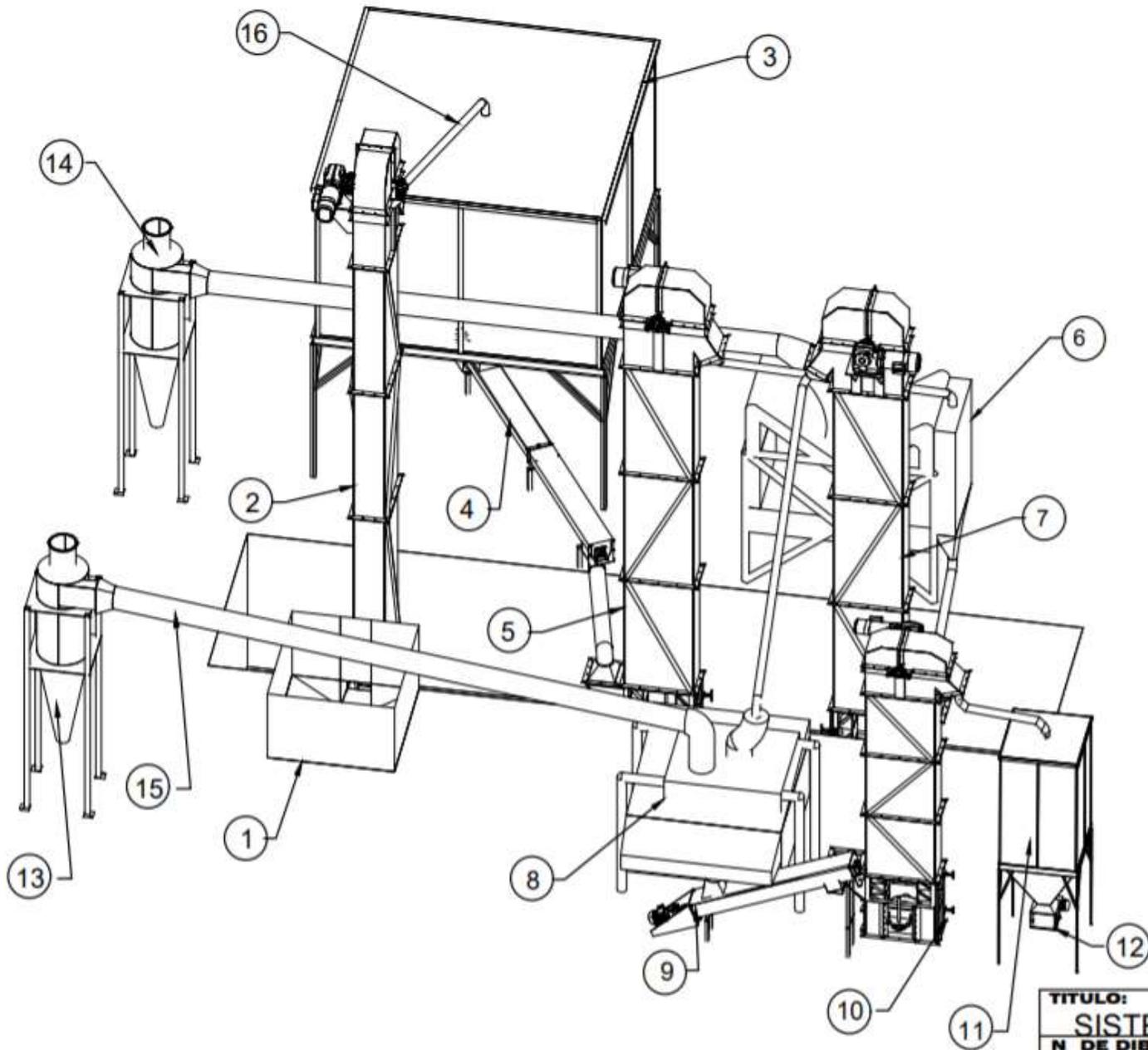
**Tabla 0.59 Costo Hora Hombre Promedio de Grupo de Desmontaje y Montaje
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Grupo de Desmontaje y Montaje			
Elemento	Cantidad	Costo Hora	Costo Total Hora
Mecánico	2	7,32	14,64
Eléctrico	2	7,32	14,64
Armador	1	6,02	6,02
Ayudante	2	6,02	12,04
Supervisor	1	8,61	8,61
Costo Hora Promedio	8		6,99

**Tabla 0.60 Costo Hora Hombre Promedio de Grupo de Taller
[ELABORACIÓN PROPIA]**

Grupo de Mano de Obra Taller			
Elemento	Cantidad	Costo Hora	Costo Total Hora
Soldador	2	7,76	15,52
Armador	2	6,02	12,04
Ayudante	1	6,02	6,02
Supervisor	1	8,61	8,61
Costo Hora Promedio	6		7,03

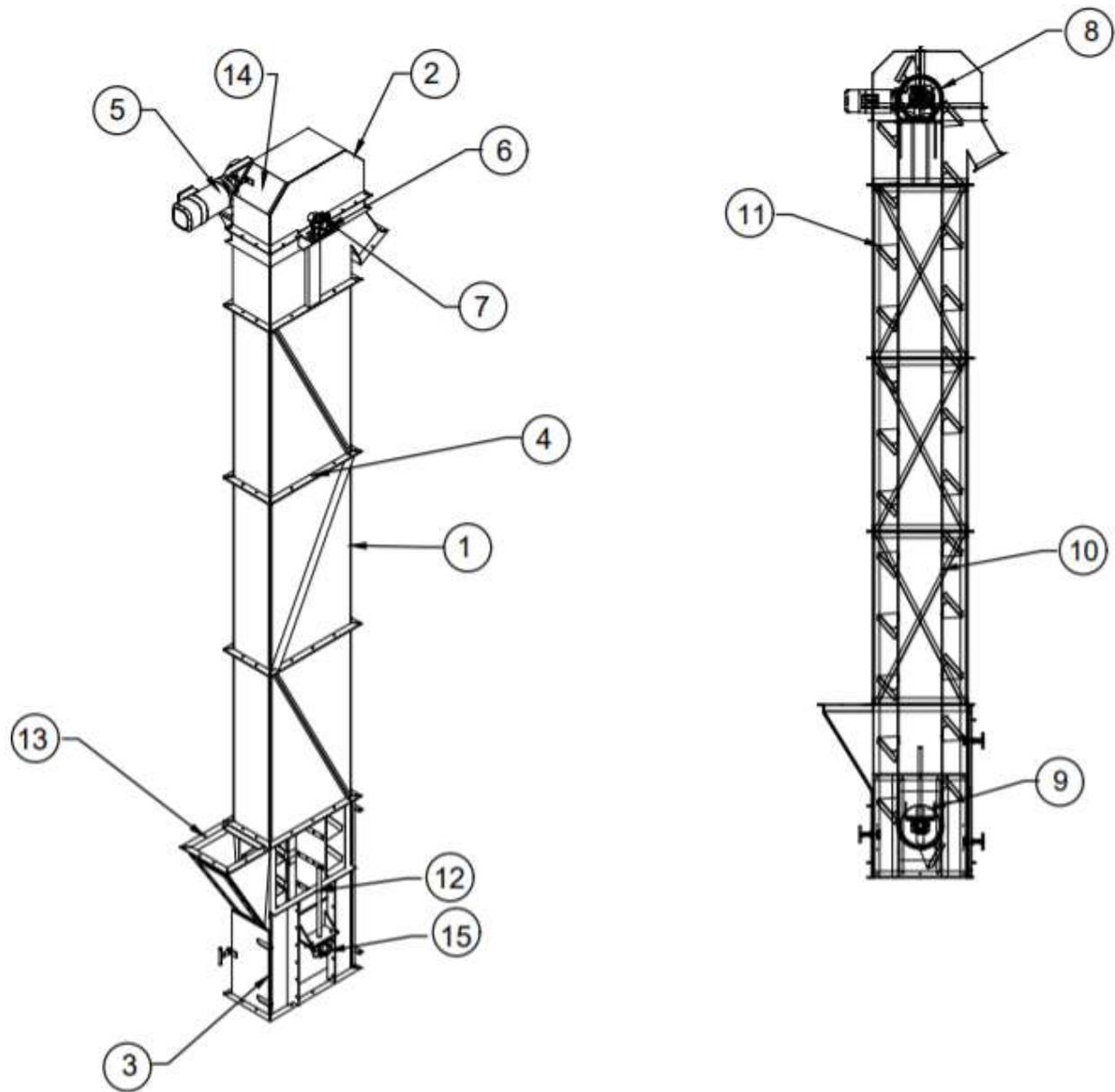
APÉNDICE I
PLANOS DEL DISEÑO



NUMERO	ELEMENTO
1	TOLVA RECEPTOR
2	ELEVADOR DE CANGILONES 1
3	TOLVA DE ALIMENTACION
4	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1
5	ELEVADOR DE CANGILONES 2
6	PRE LIMPIADORA
7	ELEVADOR DE CANGILONES 3
8	ZARANDA
9	TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2
10	ELEVADOR DE CANGILONES 4
11	BALANZA
12	VALVULA ROTATORIA
13	CICLON 1
14	CICLON 2
15	TUBERIA Ced 40 Ø304.5 L=6000
16	TUBERIA Ced 40 Ø127

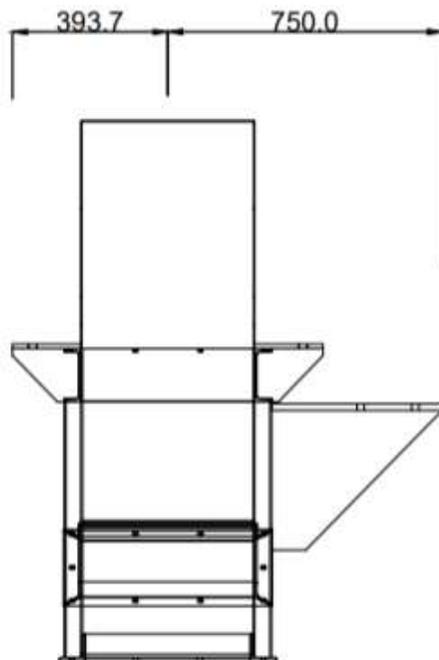
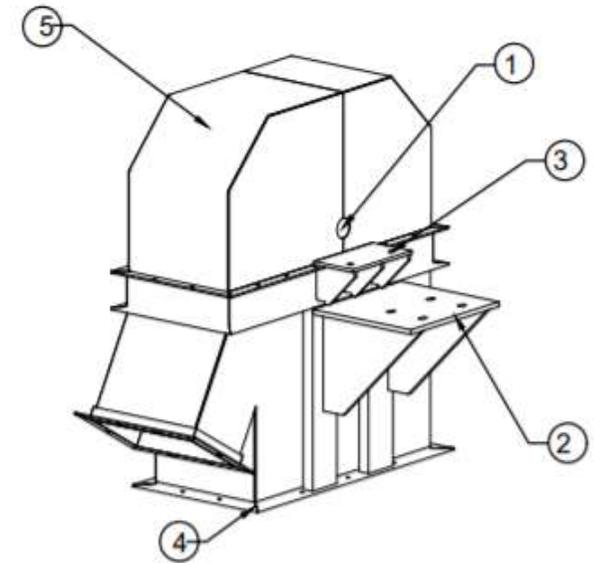
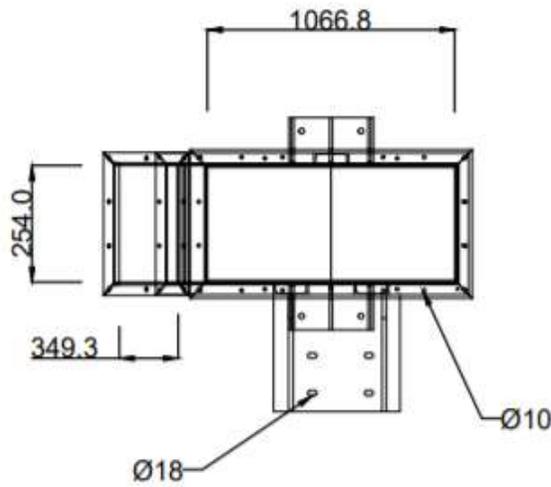
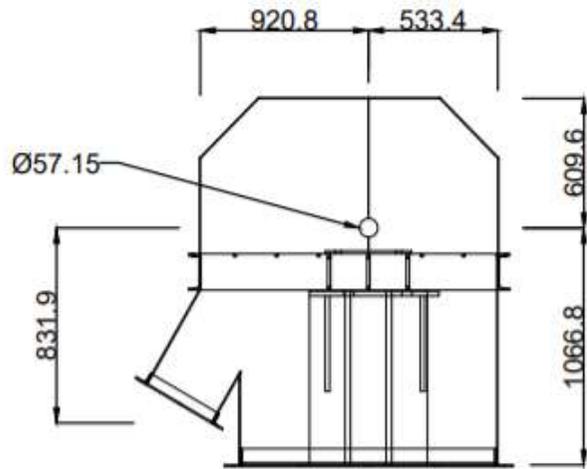
TITULO:
SISTEMA DE TRANSPORTE Y LIMPIEZA
N DE DIBUJO

ESCALA: 1:75	PLANO No.: 1	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



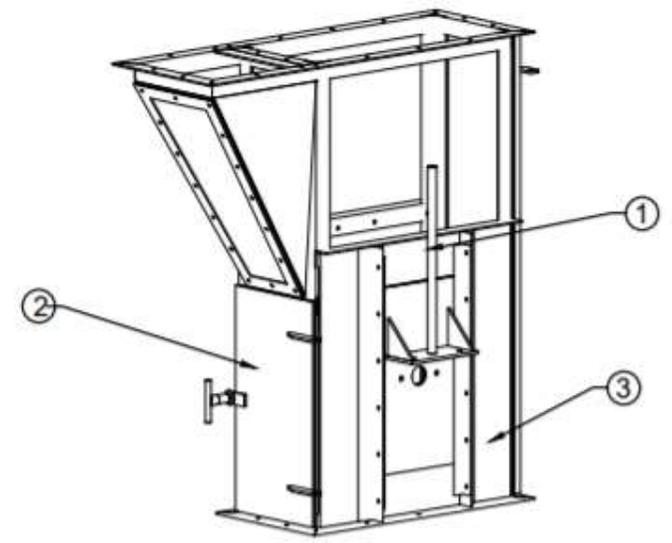
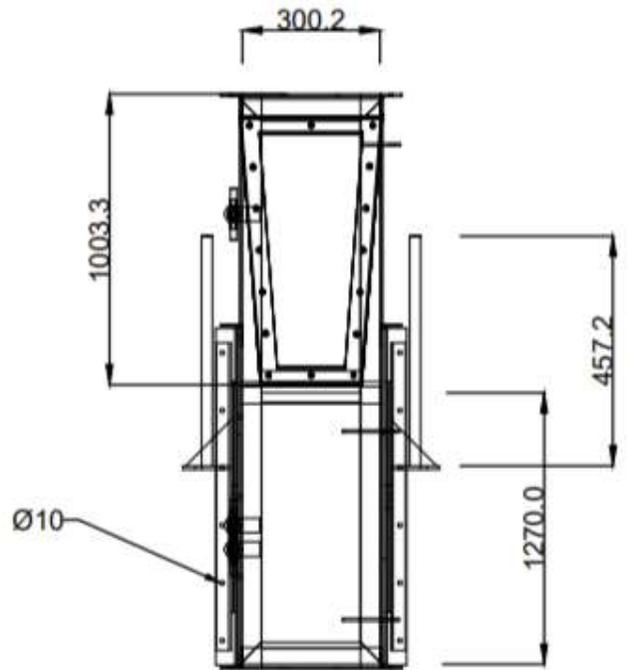
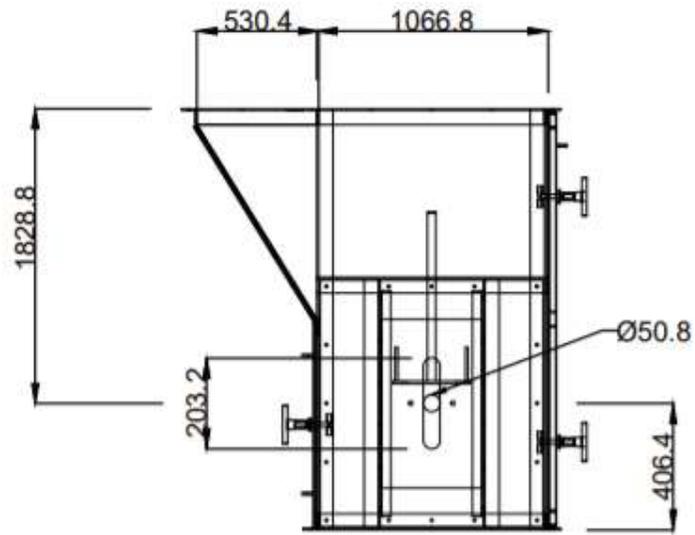
NUMERO	ELEMENTO
1	CARCASA
2	CABEZA DE ELEVADOR
3	VENTANA DE LIMPIEZA 1
4	PERNOS Y TUERCA M10
5	MOTORREDUCTOR
6	EJE DE CABEZA Ø57.15
7	RODAMIENTO
8	POLEA DE CABEZA
9	POLEA E BOTA
10	BANDA
11	CANGILONES
12	TENSOR
13	BOCA DE ALIMENTACION
14	VENTANA DE LIMPIEZA 2
15	EJE BOTA Ø50.8

TITULO:		
ELEVADOR DE CANGILONES		
N DE DIBUJO		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 2	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



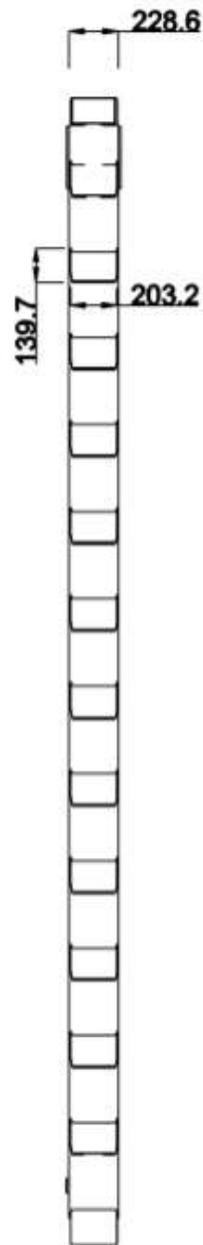
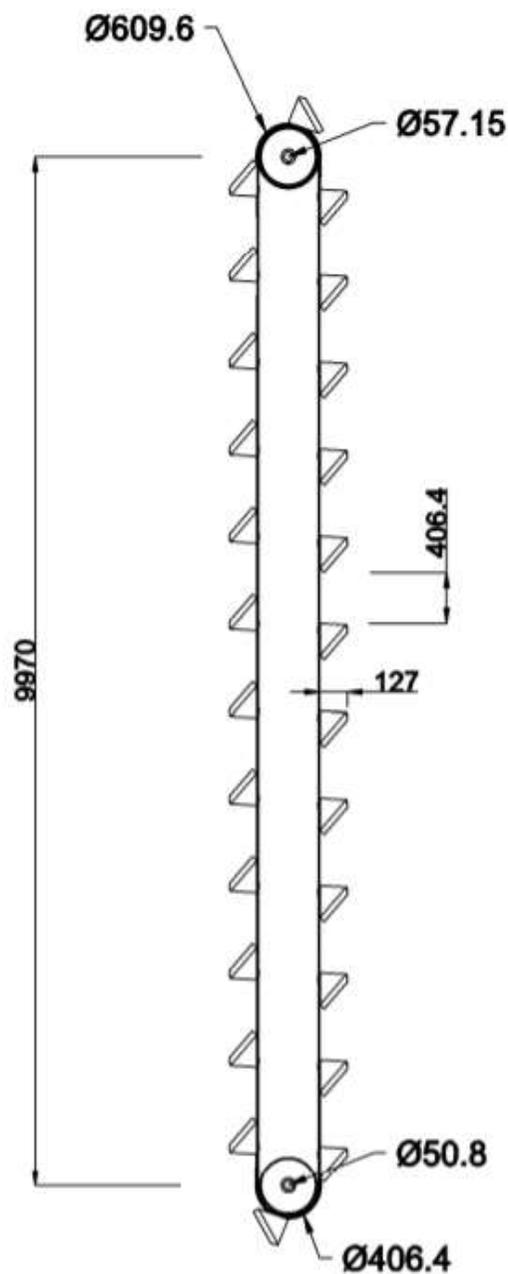
NUMERO	ELEMENTO	DIMENSION
1	EJE DE TRANSMISION AISI 1018	Ø57.15
2	SOPORTE DE MOTOR A36	---
3	SOPORTE DE RODAMIENTO AISI 304	---
4	BRIDA DE CABEZA	1220X2440X3
5	PLANCHA AISI 304	1220X2440X3

TITULO:		
ELEVADOR DE CANGILONES CABEZA DE ELEVADOR		
N DE DIBUJO		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 3	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
		A4

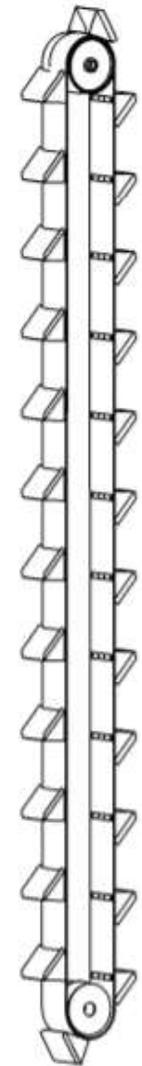
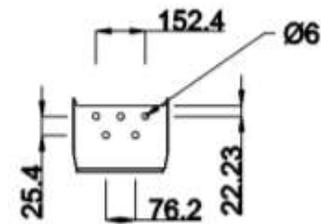


NUMERO	ELEMENTO	PERFIL
1	TENSOR A36	---
2	VENTANA DE LIMPIEZA AISI 304	---
3	PLANCHA AISI 304	1220X244X3

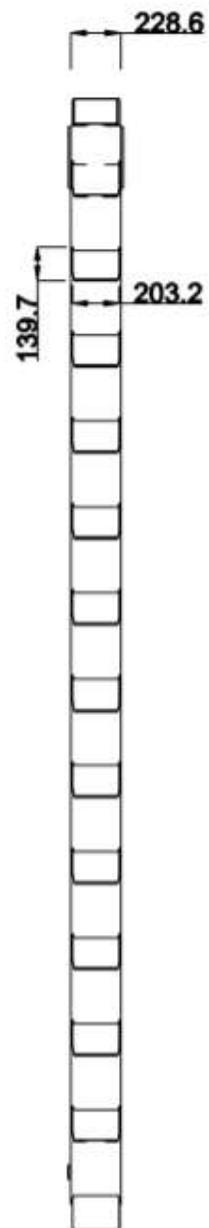
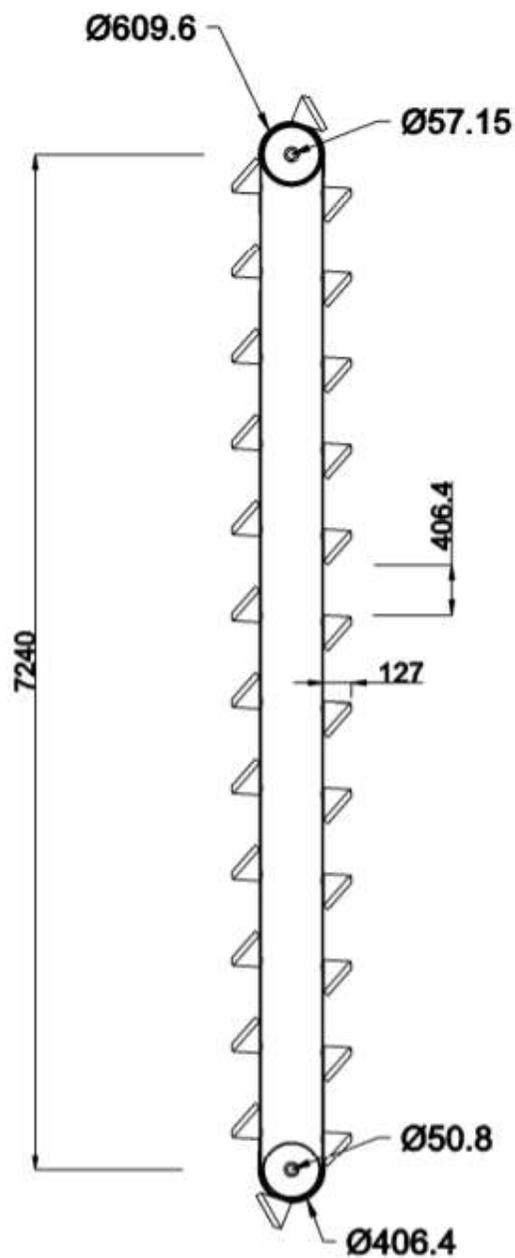
TITULO: ELEVADOR DE CANGILONES		
N DE DIBUJO BOTAS DE ELEVADOR		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 4	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



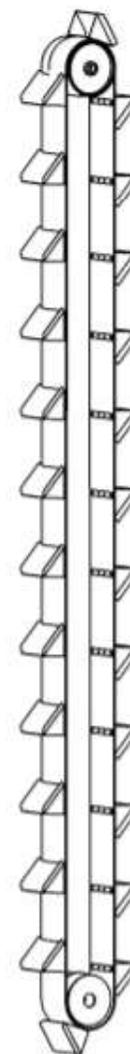
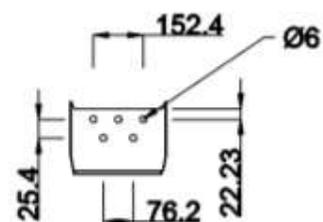
CANGILON ESTILO AA



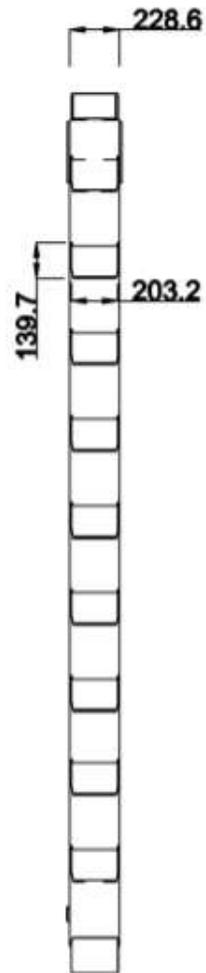
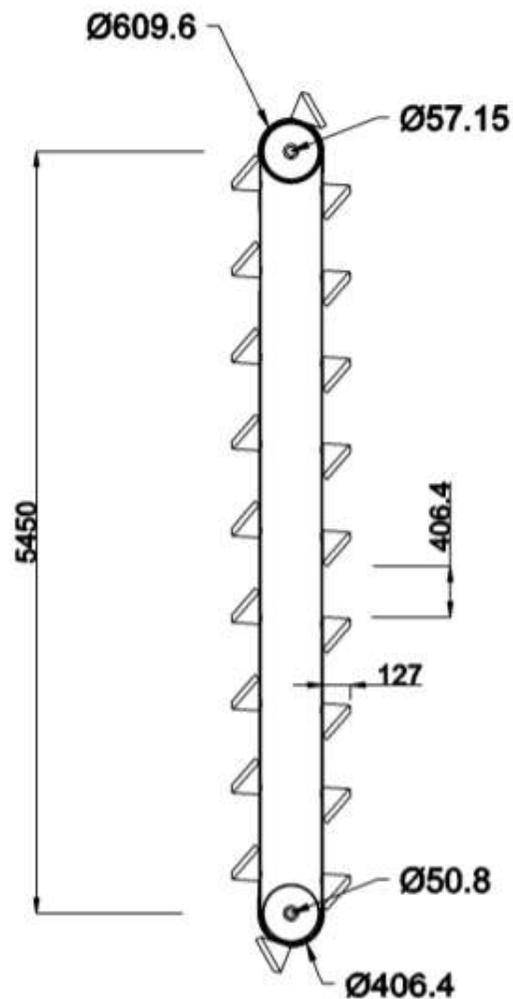
TITULO:		
ELEVADOR DE CANGILONES		
N DE DIBUJO		
BANDA CON CANGILON 1		
ESCALA:	PLANO No.:	DISEÑADO:
1:75	5	JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA:	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
01-SEPT-2020		
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



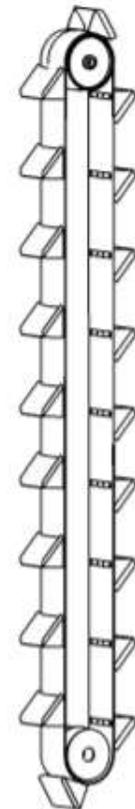
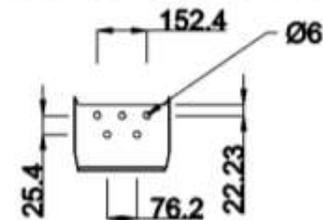
CANGILON ESTILO AA



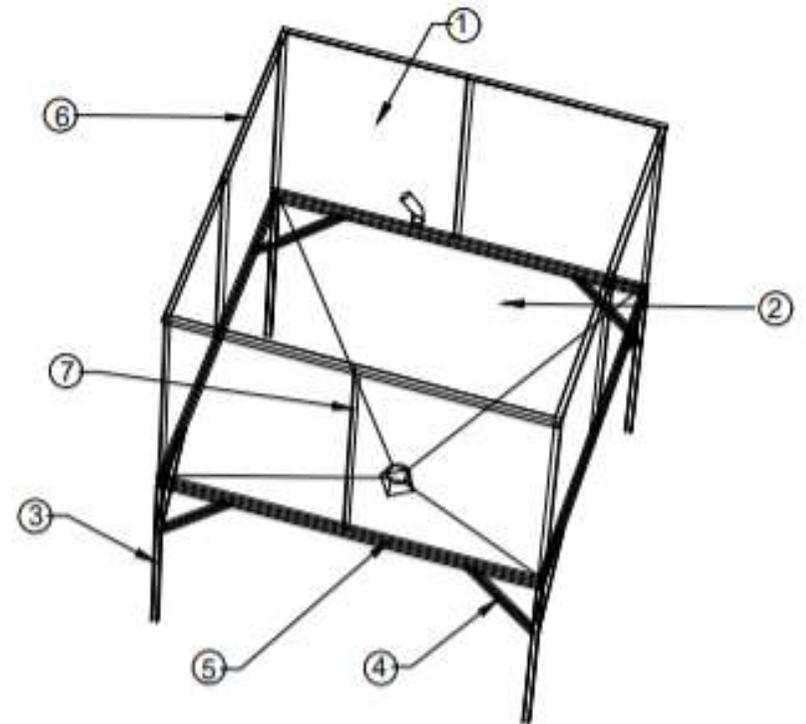
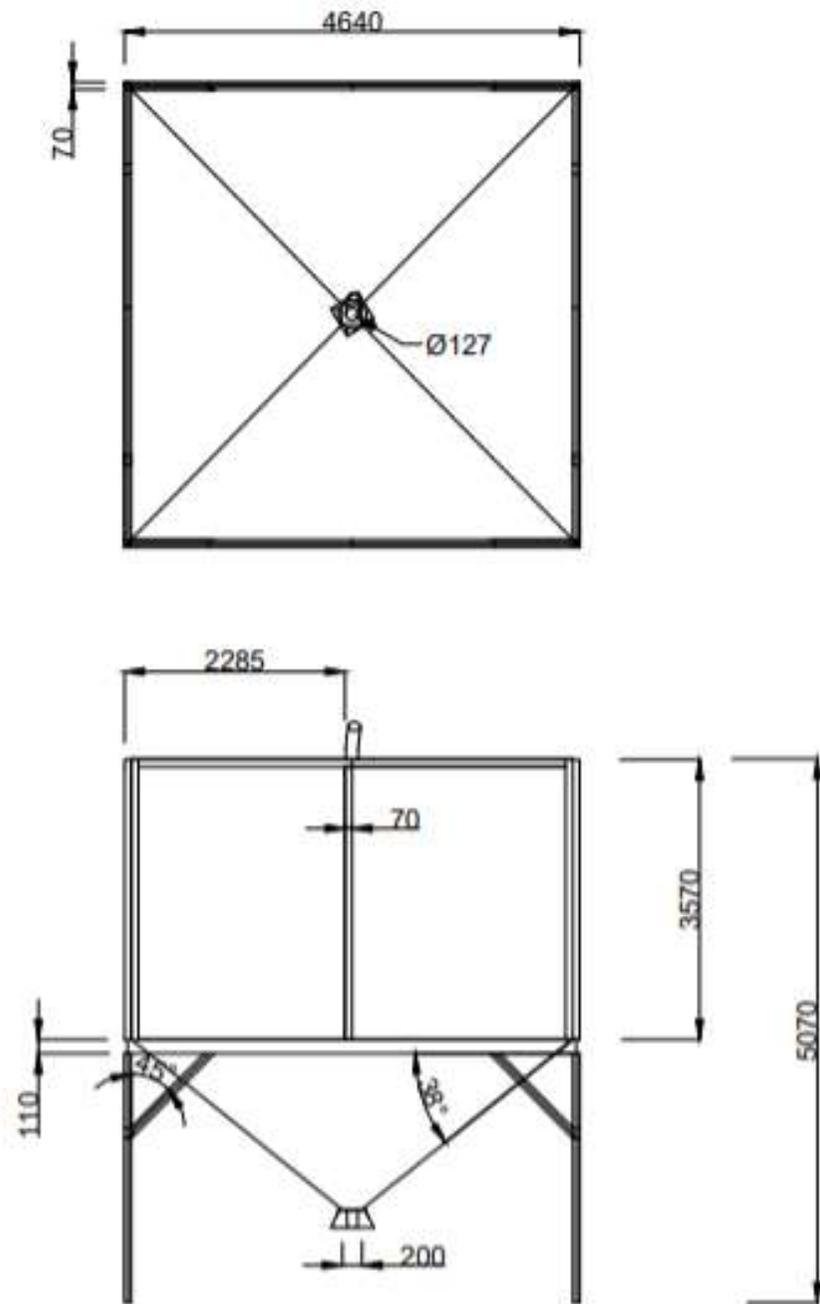
TITULO: ELEVADOR DE CANGILONES		
N DE DIBUJO: BANDA CON CANGILON 2 Y 3		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 6	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



CANGILON ESTILO AA

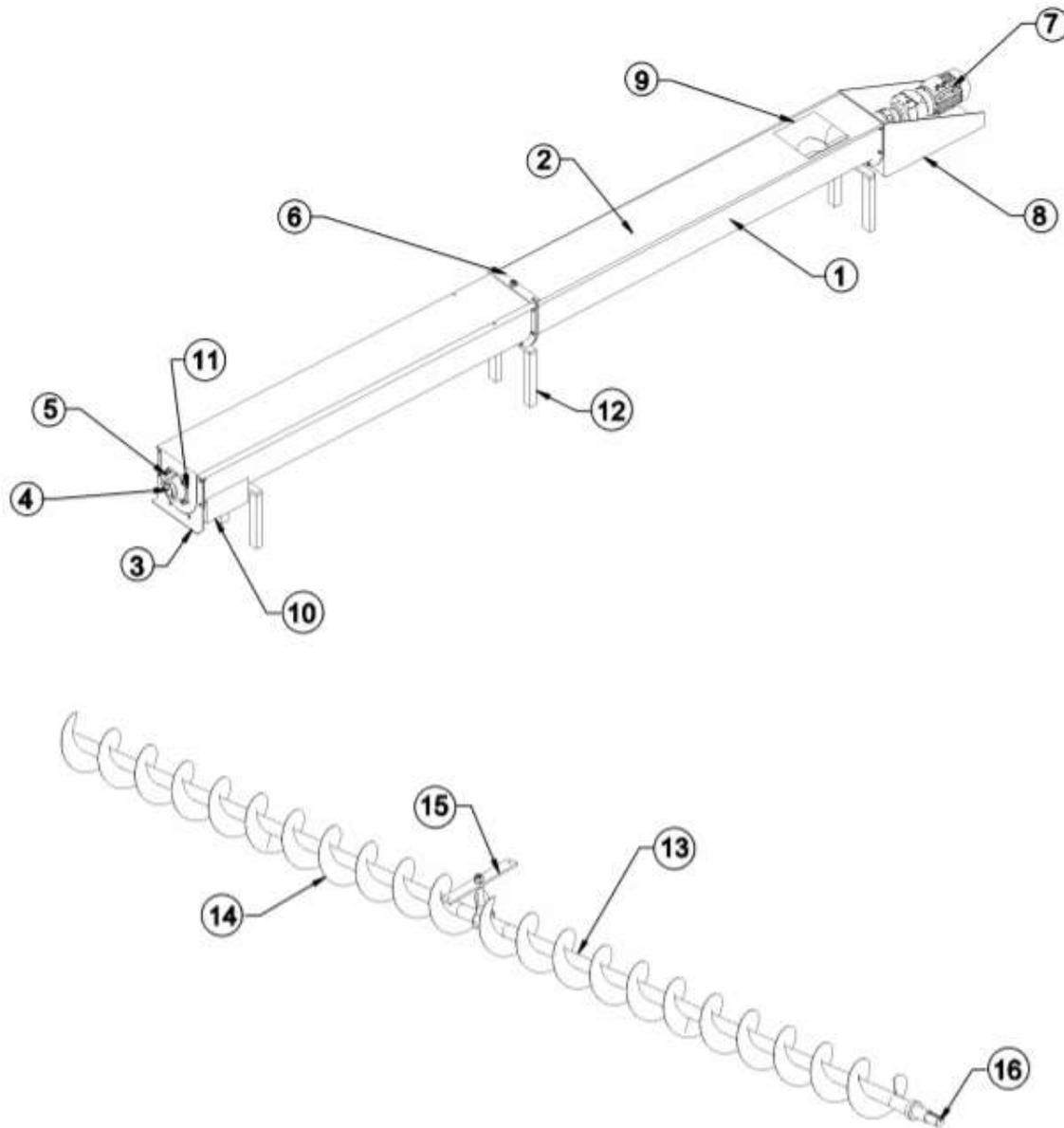


TITULO:		
ELEVADOR DE CANGILONES		
N DE DIBUJO		
BANDA CON CANGILON 4		
ESCALA:	PLANO No.1	DISEÑADO:
1:75	7	JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA:	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
01-SEPT-2020		
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



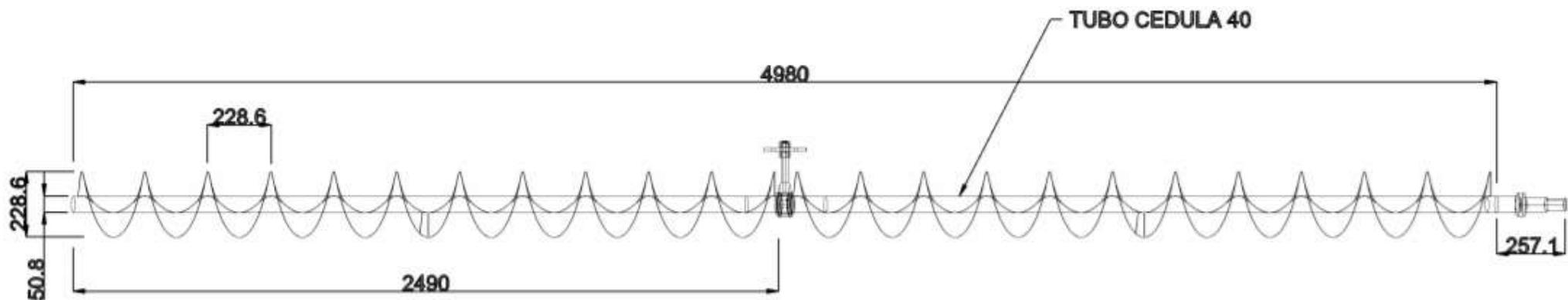
NUMERO	ELEMENTO	PERFIL
1	PARED LATERAL SUPERIOR	2215X3500X4
2	PARED LATERAL INFERIOR	4500X3067X4
3	VIGA PRINCIPAL	200X100X8.5
4	VIGA SECUNDARIA	200X100X8.5
5	MARCO PRINCIPAL	200X100X8.5
6	PERFIL SUPERIOR	70X70X6
7	PERFIL LATERAL	70X70X6

TITULO: TOLVA DE ALIMENTACION		
N DE DIBUJO: Tolva		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 8	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4

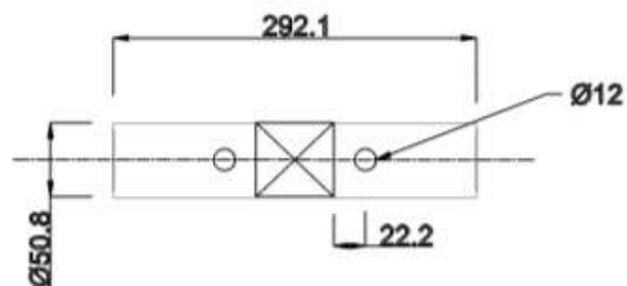


NUMERO	ELEMENTO
1	ARTESA TIPO U
2	CUBIERTA
3	TAPA DE ARTESA
4	EJE FINAL Ø50.8
5	RODAMIENTO
6	BRIDA DE UNION
7	MOTORREDUCTOR
8	SOPORTE DE MOTORREDUCTOR
9	ENTRADA
10	DESCARGA
11	SELLO DE EJE
12	SOPORTE
13	EJE DE TUBO
14	TORNILLO
15	COLGANTE
16	EJE DE TRANSMISION

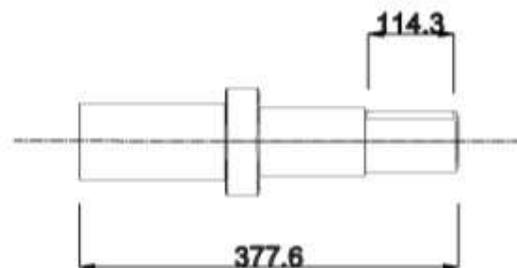
TITULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1		
N DE DIBUJO		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 9	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBÓ:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



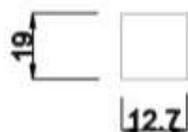
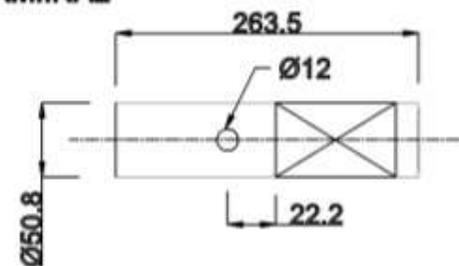
EJE DE UNION



EJE DE TRANSMISION

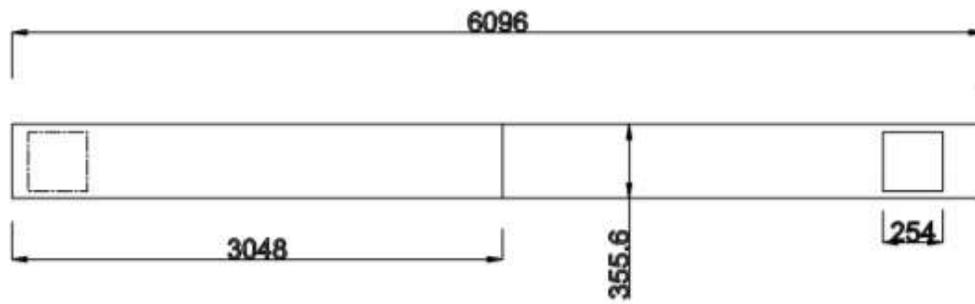


EJE TERMINAL

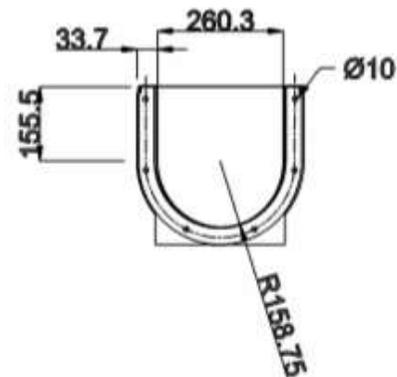
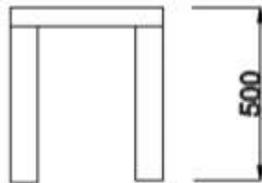


SECCION CHAVETA

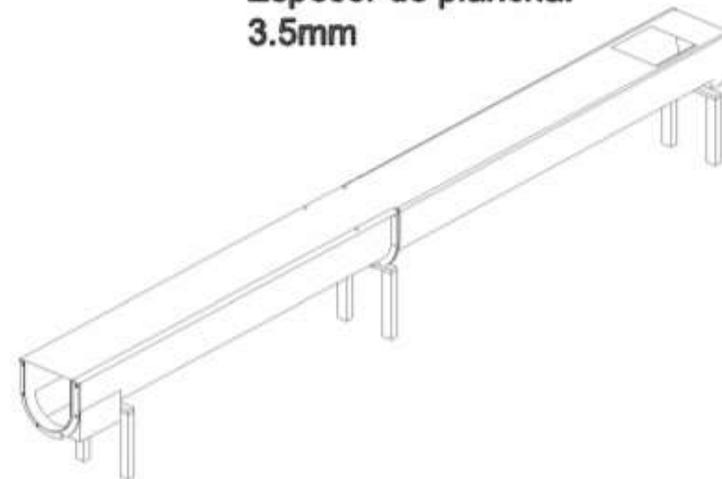
TITULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1		
N DE DIBUJO: Tornillo		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 10	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBADO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



Soporte
Perfil IPE 120

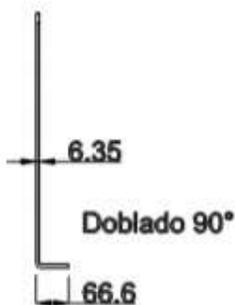
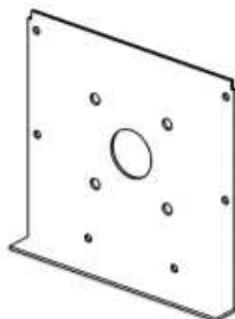
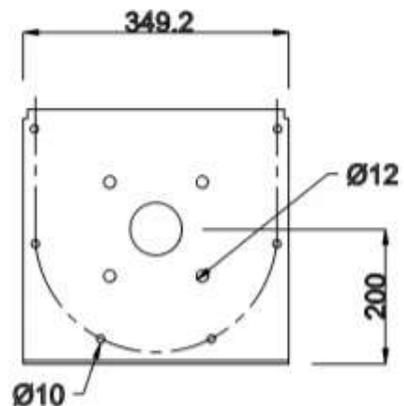


Espesor de plancha:
3.5mm

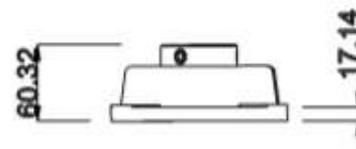
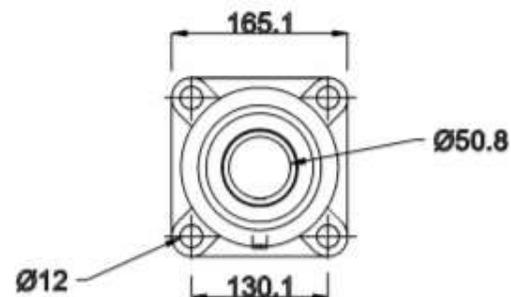


TÍTULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1		
N. DE DIBUJO Artesa y Soporte		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 11	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBÓ:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4

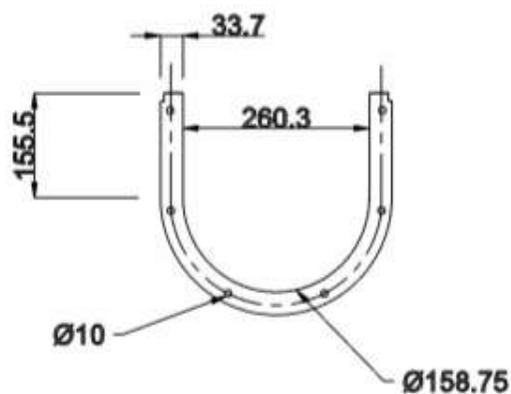
Tapa de artesa
Espesor 6.35



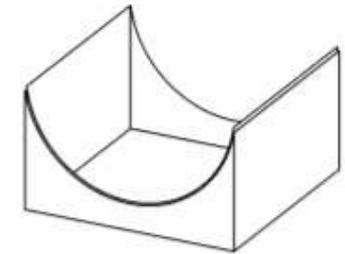
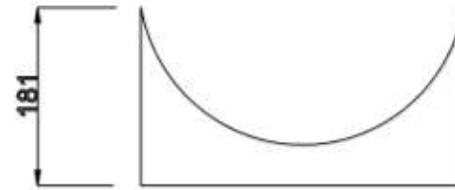
Rodamiento



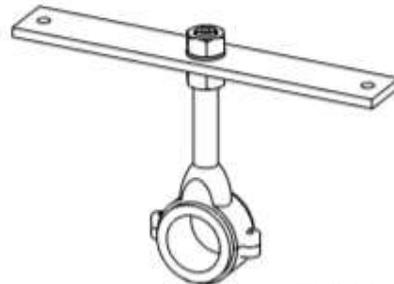
Brida de artesa
Espesor 6.35



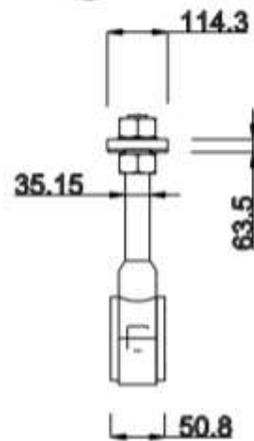
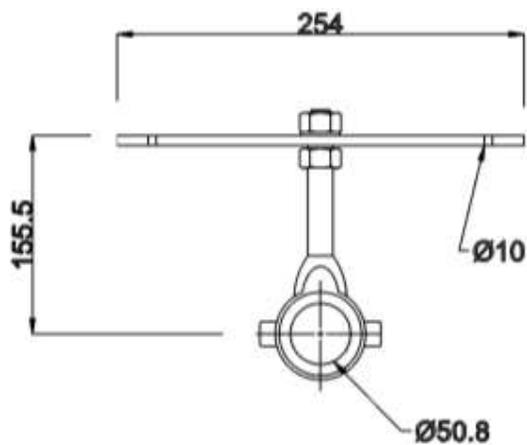
TÍTULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1		
N DE DIBUJO: TAPA DE ARTESA		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 12	DISEÑADOR: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADOR:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBÓ:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



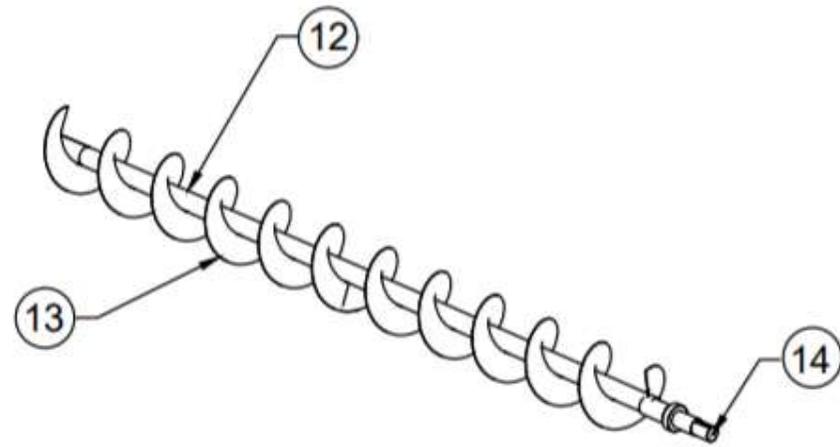
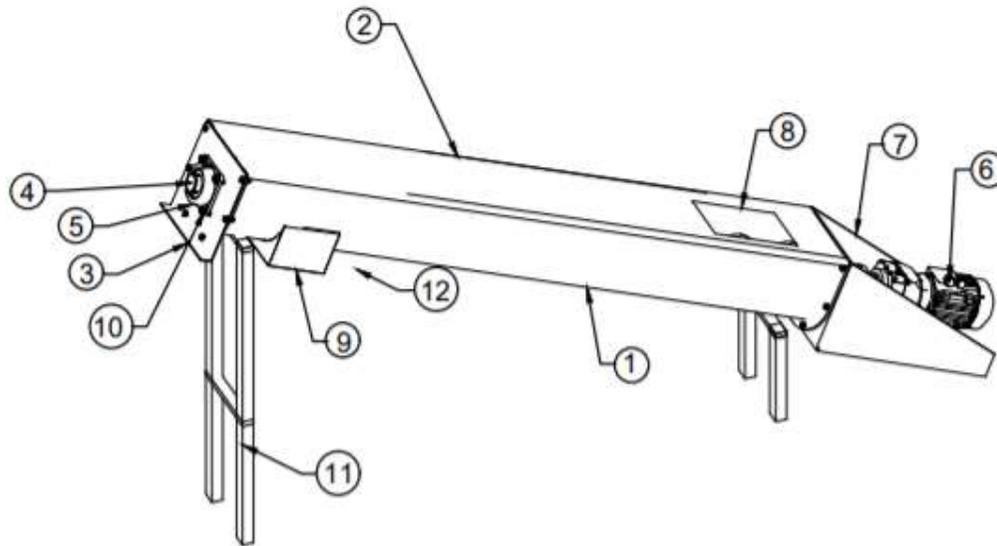
Colgante



Descarga espesor: 3mm



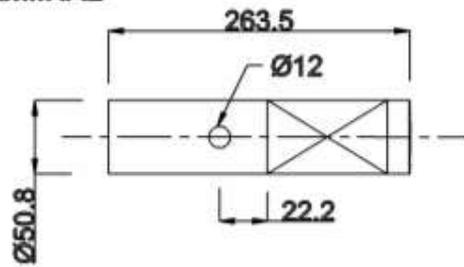
TITULO:		
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 1		
N DE DIBUJO		
COLGANTE Y DESCARGA		
ESCALA:	PLANO No.:	DISEÑADO:
1:75	13	JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA:	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
01-SEPT-2020		
APROBÓ:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL A4	



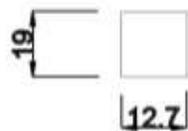
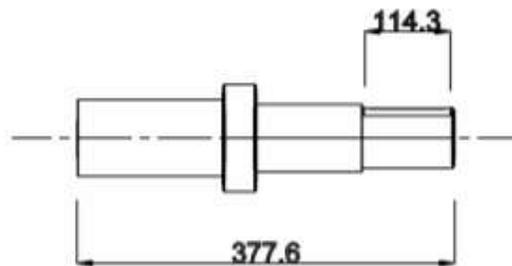
NUMERO	ELEMENTO
1	ARTESA TIPO U
2	CUBIERTA
3	TAPA DE ARTESA
4	EJE FINAL Ø50.8
5	RODAMIENTO
6	MOTORREDUCTOR
7	SOPORTE DE MOTORREDUCTOR
8	ENTRADA
9	DESCARGA
10	SELLO DE EJE
11	SOPORTE
12	EJE DE TUBO
13	TORNILLO
14	EJE DE TRANSMISION

TITULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2		
N DE DIBUJO		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 14	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ REVISADO: JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	APROBO:	
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		A4

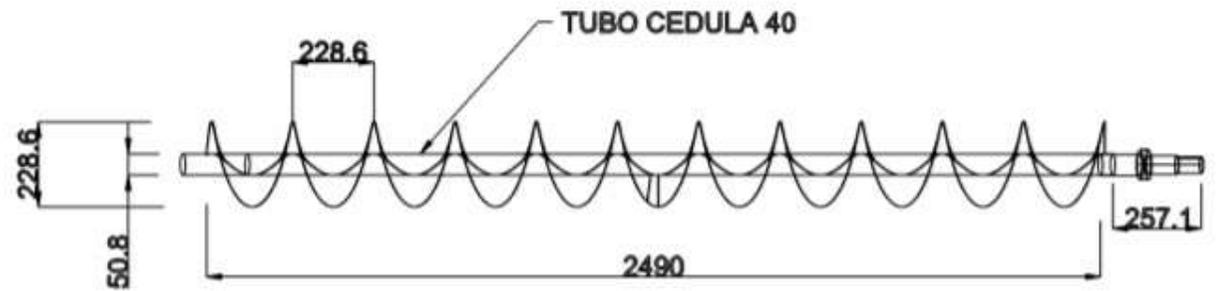
EJE TERMINAL



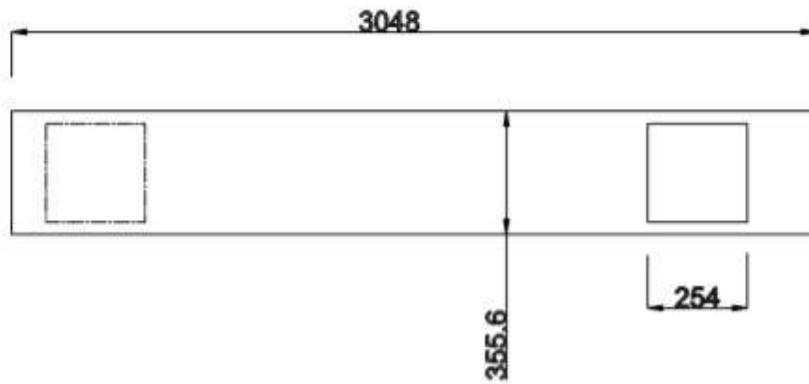
EJE DE TRANSMISION



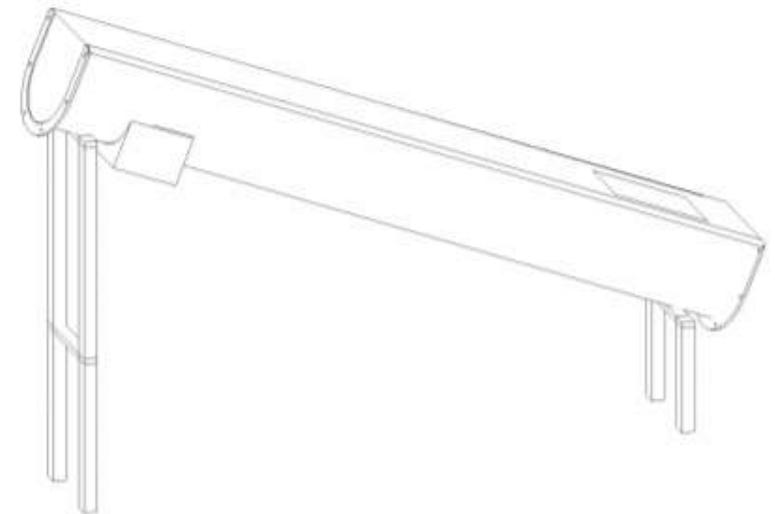
SECCION CHAVETA



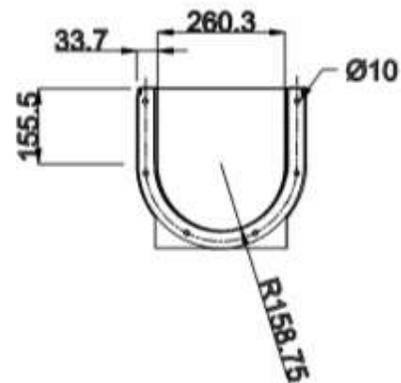
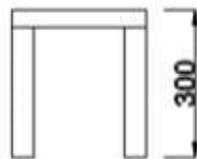
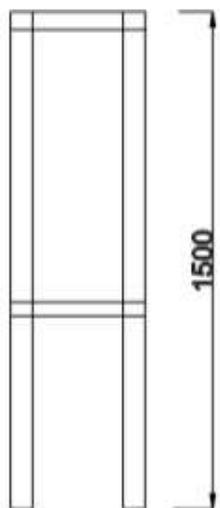
TITULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2		
N DE DIBUJO Tomillo		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 15	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBADO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



Espesor de plancha:
3.5mm

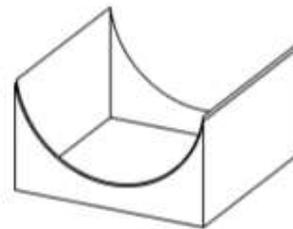
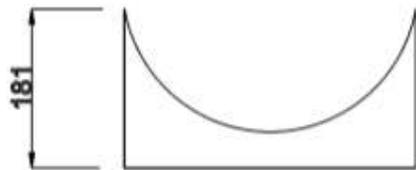
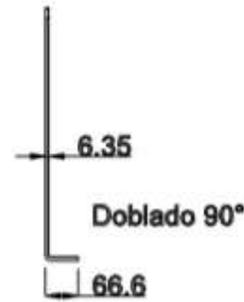
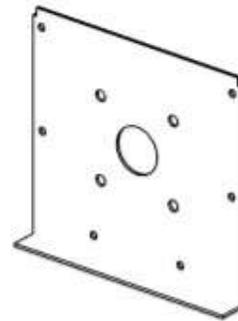
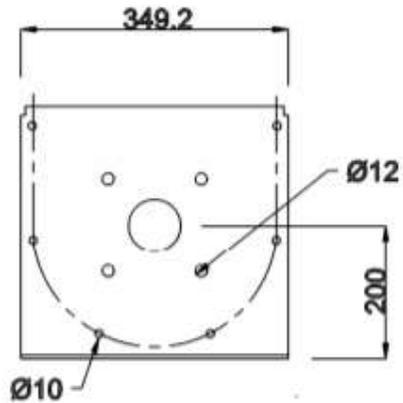


Soporte
Perfil IPE 120

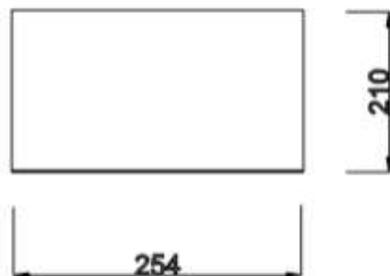


TÍTULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2		
N. DE DIBUJO Artesa y Soporte		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 16	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBADO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4

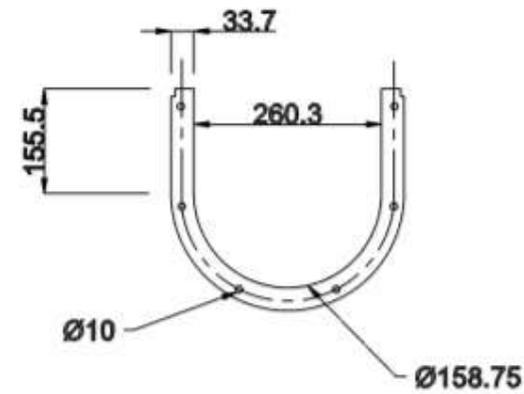
Tapa de artesa
Espesor 6.35



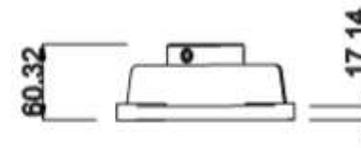
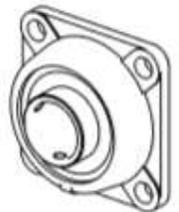
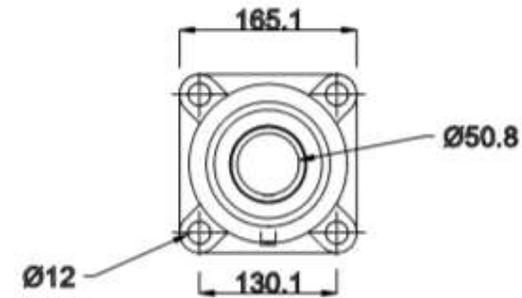
Descarga
espesor: 3mm



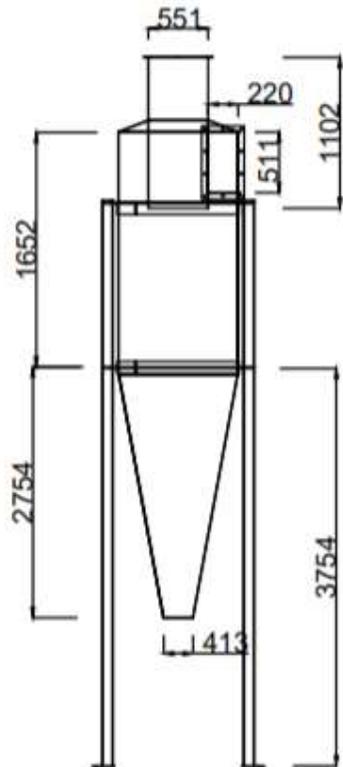
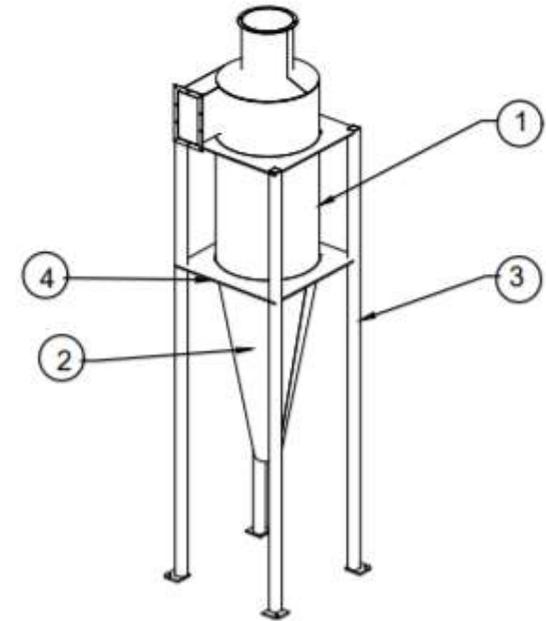
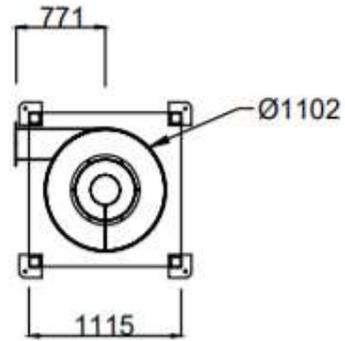
Brida de artesa
Espesor 6.35



Rodamiento



TÍTULO: TRANSPORTADOR HELICOIDAL 2		
N DE DIBUJO: TAPA DE ARTESA Y DESCARGA		
ESCALA: 1:75	PLANO No.1 17	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	REVISADO:	JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
APROBADO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	A4



NUMERO	ELEMENTO	PERFIL
1	PARED SUPERIOR 400HB	2000X6000X5
2	PARED INFERIOR 400HB	2000X6000X5
3	VIGA SOPORTE A36	IPE 120
4	PLANCHA A36	1220X2440X4

TITULO: CICLON		
N DE DIBUJO		
ESCALA: 1:75	PLANO No.: 18	DISEÑADO: JAVIER BEDOYA SÁNCHEZ REVISADO: JOHSAC GOMEZ SÁNCHEZ
FECHA: 01-SEPT-2020	APROBO:	
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		A4