



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA Y SECADORA DE PLÁSTICO
RECICLADO PARA LA EMPRESA KALIFLEX UBICADA EN LA CIUDAD DE PIÑAS,
PROVINCIA DE EL ORO”

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

AUTORES: ANDRÉS ALEJANDRO CARRIÓN BAQUE
BRAYAN PAUL PONTÓN ORDOÑEZ
TUTOR: ING. MARLON XAVIER QUINDE ABRIL, Msc.

Cuenca - Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Andrés Alejandro Carrión Baque con documento de identificación N° 0927249235 y Brayan Paul Pontón Ordoñez con documento de identificación N° 0705643955; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de octubre del 2022

Atentamente,



Andrés Alejandro Carrión Baque

0927249235



Brayan Paul Pontón Ordoñez

0705643955

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Andrés Alejandro Carrión Baque con documento de identificación N° 0927249235 y Brayan Paul Pontón Ordoñez con documento de identificación N° 070564395, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño de una máquina lavadora y secadora de plástico reciclado para la empresa Kaliflex ubicada en la ciudad de Piñas, provincia de El Oro”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de octubre del 2022

Atentamente,



Andrés Alejandro Carrión Baque

0927249235



Brayan Paul Pontón Ordoñez

0705643955

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Xavier Quinde Abril con documento de identificación N° 0104627658, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA LAVADORA Y SECADORA DE PLÁSTICO RECICLADO PARA LA EMPRESA KALIFLEX UBICADA EN LA CIUDAD DE PIÑAS, PROVINCIA DE EL ORO, realizado por Andrés Alejandro Carrión Baque con documento de identificación N° 0927249235 y por Brayan Paul Pontón Ordoñez con documento de identificación N° 0705643955, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de octubre del 2022

Atentamente,



Ing. Marlon Xavier Quinde Abril, MSc.

0104627658

DEDICATORIA

A mi padre y a mi madre que, aunque no tenga manera de pagar lo que hicieron por mí, busco que sepan que lo entendí.

Alejandro.

A mis padres y hermanos que a pesar de muchas dificultades siempre estuvieron apoyándome para que sea un profesional.

Brayan

AGRADECIMIENTO

A mi hermano y mi hermana, ustedes son la clara muestra de que el pan no siempre cae por el lado de la mantequilla.

A Marlon, nuestro tutor, gracias por estar pendiente al desarrollo de nuestro trabajo.

Fuiste más allá de tus responsabilidades como tutor.

A mis cercanos.

Alejandro.

Siempre estaré agradecido con mis padres,
por todo el esfuerzo y sacrificio que
hicieron para que pueda cumplir mi sueño.

A todos mis hermanos, que siempre
estuvieron pendientes de mí y dispuestos
ayudar en todo lo que necesitara.

A mi compañero Andrés, gracias por todos
los consejos y ayuda que siempre me
brindaste.

Brayan

RESUMEN

En la ciudad de Piñas, Provincia de El Oro, el surgimiento de nuevas PYMES relacionadas con la producción de elementos plásticos ha aumentado incrementando el consumo de materia prima. Kaliflex es una empresa que produce accesorios plásticos para instalaciones eléctricas y de agua que ocupa el 70% de material reciclado como materia prima. Una vez receptado el producto, pasa por un proceso de limpieza para retirar de la superficie partículas de polvo, suciedad y grasa.

El proceso actual de Kaliflex para el lavado y secado del plástico es muy artesanal consistiendo en ocupar una persona para verter el plástico triturado en una tina con agua y desengrasante para ser agitados, removiendo la mayor cantidad de partículas sobre su superficie. Además, para el secado del plástico, este es extendido en el suelo sobre tendales que mediante radiación solar y un flujo natural del viento se seque. La limpieza y el secado de la materia prima se vuelve poco eficiente dentro de su proceso productivo al depender de factores que no pueden ser controlados como la presencia del sol, flujo natural del aire y el estado de ánimo del personal.

En el presente documento, se desarrolla el diseño y la validación estructural mediante elementos finitos de un equipo de lavado y secado de plástico reciclado con capacidad nominal de 50 Kg/h para la empresa Kaliflex. El diseño se basa en un tambor multifuncional con el fin de optimizar el espacio físico requerido y reducir el tiempo ocupado para el traspaso del material entre procesos.

ABSTRACT

In the city of Piñas, belonging to the Province of El Oro, the emergence of new SMEs related to the production of plastic elements has increased the consumption of raw materials. Kaliflex is a company that produces plastic accessories for electrical and water installations using 70% recycled material as raw material. Once the product is received, it undergoes a cleaning process to remove dust, dirt and grease particles from its surface.

Kaliflex's current process for washing and drying plastic is very traditional and consists of using one person to pour the shredded plastic into a tub with water and degreaser to be agitated, removing as many particles as possible from its surface. In addition, to dry the plastic, it is spread out on the ground on drying mats that are dried by solar radiation and a natural flow of wind. This process becomes inefficient in the production because it depends on factors that cannot be controlled, such as the presence of the sun, natural air flow and the mood of the employees.

This paper develops the design and structural validation by means of finite elements of a washing and drying equipment for recycled plastic with a nominal capacity of 50 Kg/h for Kaliflex company. The design is based on a multifunctional drum in order to optimize the physical space required and reduce the time required for material transfer between processes.

INDICE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	2
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	3
CERTIFICACIÓN.....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	18
LISTA DE ANEXOS.....	20
1. INTRODUCCIÓN.....	22
2. PROBLEMA.	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.2. Importancia y Alcance.....	23
2.3. Delimitación.....	24
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. Objetivo General.....	24
3.2. Objetivos Específicos.....	24
4. FUNDAMENTOS TEÓRICO.....	24

4.1.	Polímeros.....	24
4.1.1.	Introducción a los polímeros.....	24
4.1.2.	Clasificación de los plásticos.....	27
4.1.2.1.	Termoplásticos.....	28
4.1.2.2.	Termoestables.....	31
4.1.2.3.	Elastómeros.....	32
4.1.3.	Aplicaciones y usos.....	33
4.2.	Polipropileno (PP).....	36
4.2.1.	Introducción al polipropileno.....	36
4.2.2.	Propiedades.....	39
4.2.3.	Aplicaciones industriales del polipropileno.....	40
4.3.	Sobre el reciclaje de plásticos.....	40
4.3.1.	Reciclaje del plástico.....	40
4.3.2.	Reciclaje de plástico en Ecuador.....	43
4.3.3.	La segunda vida del plástico: un nuevo modelo productivo.....	45
4.4.	Lavado y secado de material plástico reciclado.....	49
4.4.1.	Lavado de plástico.....	50
4.4.2.	Proceso de lavado de plástico.....	50
4.4.2.1.	Proceso de lavado por agitación.....	50
4.4.2.2.	Proceso de lavado por ciclón.....	50
4.4.2.3.	Proceso de lavado por centrifugación.....	51
4.4.3.	Secado de plástico.....	51
4.4.4.	Proceso de secado de plástico.....	51
4.4.4.1.	Proceso de secador por combustible.....	51
4.4.4.2.	Proceso de secador rotatorio.....	52

4.4.4.3. Proceso de secador solar.....	52
4.4.4.4. Proceso de secador por resistencias eléctricas.....	52
4.5. Metodología y herramientas de diseño.....	52
5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.	54
5.1. Determinación de las especificaciones de la máquina.	54
5.2. Especificaciones técnicas.....	59
5.3. Análisis funcional.	60
5.4. Alternativas.....	76
5.5. Evaluación de soluciones.....	80
5.6. Criterios de valoración de etapas.....	81
<p>Conclusión: La evaluación de diseños en la tabla 21 indica que la alternativa 1 se encuentra como primera prioridad de diseño debido a que se ajusta a los requerimientos y necesidades de Kaliflex. 89</p>	
5.7. Características de la alternativa seleccionada del equipo de lavado y secado de plástico reciclado.....	89
5.8. Elementos de la maquina lavadora y secadora automática para plástico reciclado.	90
6. DISEÑO DE LA MAQUINA LAVADORA Y SECADORA AUTOMATICA PARA PLASTICO RECICLADO.....	91
6.1. Diseño mecánico de la máquina.	91
6.1.1. Diseño del tambor.	92
6.1.2. Potencia del motor.....	97
6.1.3. Selección de motor.	101
6.1.4. Diseño del eje.....	101
6.1.5. Diseño de sistema de transmisión.	104
6.1.6. Selección de la chaveta para la polea conducida.....	110

6.1.7.	Selección de bomba de agua y boquillas de pulverizado.	114
6.2.	Diseño energético.....	116
6.2.1.	Selección de resistencias.	130
6.2.2.	Selección del ventilador.	132
6.3.	Diseño y análisis de la estructura soporte.	134
6.3.1.	Vigas de soporte del tambor y sus componentes.....	135
6.3.2.	Vigas de soporte del motor.....	139
6.3.3.	Eje del portacuchillas.	142
6.4.	Diseño del sistema eléctrico.....	142
6.4.1.	Sistema eléctrico: circuito de mando.	142
6.4.2.	Sistema eléctrico: circuito de fuerza.	143
6.5.	Análisis del comportamiento de fluidos.	144
7.	ANÁLISIS DE COSTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LAVADORA Y SECADORA DE PLÁSTICO.....	147
7.1.	Costos directos.	147
7.1.1.	Costo de materiales.....	147
7.1.2.	Costo de mano de obra y mecanizado	147
7.2.	Costos indirectos.....	148
7.3.	Costo total.....	148
8.	CONCLUSIONES.....	149
9.	REFERENCIAS	150
	ANEXOS.	158

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula del etileno y del polietileno (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).	25
Figura 3: Representación de polímeros lineales ramificados y no ramificados (Askeland & Wright, 2017).	29
Figura 4: Representación de una estructura semicristalina (zonas amorfas y zonas cristalinas) de un termoplástico (3devo, 2022).	30
Figura 5: Cambios de comportamiento de termoplásticos respecto a su temperatura de transición vítrea (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).	30
Figura 7: Estructura del polipropileno isotáctico (Roymaplast, 2017).	37
Figura 8: Estructura del polipropileno sindiotáctico (Roymaplast, 2017).	37
Figura 9: Estructura del polipropileno atáctico (Roymaplast, 2017).	38
Figura 10: Demanda de plásticos en Europa por tipo en 2019 (Plastics Europe, 2020).	41
Figura 11: Las 3R's para cuidar el medio ambiente.	42
Figura 12: Modelo productivo de la economía circular.	46
Figura 13: Procedimiento de descontaminación del grupo de investigación I4EC (Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI, 2021).	50
Figura 14: Función de la máquina.	60
Figura 15: Diagrama de funciones secundaria del equipo.	61
Figura 16: Diagrama de funciones secundaria de todo el equipo.	62
Figura 17: División por etapas del equipo de lavado.	63
Figura 18: Alimentación manual (KANTATI, s.f.).	64
Figura 19: Alimentación automática (Novomak, s.f.).	65
Figura 20: Tambor móvil (Shaikh, 2022).	66
Figura 21: Tambor fijo con aspas. (Pregunta, 2020)	66
Figura 22: Motorreductor (ADAJUSA, s.f.).	67

Figura 23: Transmisión por bandas (BRR, s.f.).....	68
Figura 24: Ingreso de agua directo (Villalba Aguilera, 2017).....	69
Figura 25: Ingreso de agua a presión (H. IKEUCHI & CO., LTD., s.f.).....	69
Figura 26: Evacuación directa (Pregunta, 2020).	70
Figura 27: Electroválvula para la descarga automática (U.S. Solid, s.f.).....	71
Figura 28: Sistema radial.....	72
Figura 29: Sistema tangencial.....	72
Figura 30: Sensor RTD (Naylamp Mechatronics, s.f.).....	73
Figura 31: Sensor Termopar (Geek Factory, s.f.).....	73
Figura 32: Sensor de humedad capacitivo (Sensovant, s.f.).....	74
Figura 33: Sensor de humedad resistivo (Sparkfun Electronics, s.f.).....	74
Figura 34: Vaciado manual (Heros, s.f.).....	75
Figura 35: Vaciado automático (Importadora Lopez, s.f.).....	76
Figura 36: Diseño de la maquina lavadora y secadora de plástico reciclado.	92
Figura 37: Diseño del tambor de lavado y secado.....	93
Figura 38: Dimensiones de la portacuchillas.....	97
Figura 39: Configuración geométrica de eje que mueve la cuchilla.	102
Figura 40: Factores de servicio típicos (Intermec).	105
Figura 41: Selección del perfil de correa (Intermec).	106
Figura 42: Correas en "V" clásicas (Intermec).	106
Figura 43: Diámetros mínimos en mm (Intermec).	107
Figura 44: Tabla de capacidad de transmisión por canal (HP) (Intermec).	108
Figura 45: Representación de las cargas en la chaveta.....	111
Figura 46: Dimensionamiento de la chaveta bajo análisis de falla por cortante.	113
Figura 47: Dimensionamiento de la chaveta bajo análisis de falla por aplastamiento.	113

Figura 48: Patrones y distribución de pulverización de las principales boquillas comerciales (IKEUCHI).....	114
Figura 49: Cobertura teórica de rociado a distintas distancias desde el orificio de la boquilla (Spraying Systems Co.).....	115
Figura 50: Propiedades del aire al inicio del secado.....	119
Figura 51: Gráfico psicrométrico de las propiedades del aire al inicio de secado.	120
Figura 52: Proceso de calentamiento del aire para el secado.	121
Figura 53: Propiedades del aire al final del calentamiento.	121
Figura 54: Propiedades del aire en el proceso de humidificación adiabática.	123
Figura 55: Propiedades del aire a partir de la mezcla.	126
Figura 56: Proceso de secado del plástico reciclado.	127
Figura 57: Curvas características de distintos ventiladores (Soler&Palau).....	132
Figura 58: Representación de las cargas que actúan sobre la estructura del equipo de lavado y secado.	135
Figura 59: Diagrama de cuerpo libre de sección del marco de soporte del tambor y sus elementos.....	136
Figura 60: Gráficos de resultados generados por BEAM DESIGN.	137
Figura 61: Resultados del análisis realizado en SOLIDWORKS.....	139
Figura 62: Diagrama de cuerpo libre de sección del marco de soporte del motor.	139
Figura 63: Gráficos de resultados generados por BEAM DESIGN.	140
Figura 64: Resultados del análisis realizado en SOLIDWORKS.....	141
Figura 65: Resultado de análisis realizado al eje portacuchillas en SOLIDWORKS.	142
Figura 66: Representación del circuito eléctrico de mando.....	143
Figura 67: Representación del circuito eléctrico de fuerza.	143
Figura 68: Simulación de flujo de agua en el tambor de la máquina.	144
Figura 69: Simulación de flujo de aire caliente en el tambor de la máquina.....	145

Figura 70: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico – Perspectiva 1. 145

Figura 71: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico - Perspectiva 2. 146

Figura 72: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico – Perspectiva 3. 146

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales aditivos usados en la industria plástica (Crawford & Martin, 2020).	26
Tabla 2: Aplicaciones y usos de los polímeros (Universidad de Málaga).	34
Tabla 3: Propiedades representativas del polipropileno (Creative Mechanisms Staff, 2016).	39
Tabla 4: Aplicación del modelo DISRUPT a la realidad de Ecuador (The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)) (Ministerio de producción, 2021).	47
Tabla 5: Ficha técnica fabricante 1 – REMATE.	56
Tabla 6: Ficha técnica fabricante 2 – KOOEN.	57
Tabla 7: Ficha técnica fabricante 3 – LIANDING.	58
Tabla 8: Especificaciones técnicas de la máquina.	59
Tabla 9: Matriz morfológica de soluciones.	76
Tabla 10: Diseño de la alternativa 1.	79
Tabla 11: Condición de valoración para criterios (Riba Romeva, 2002).	80
Tabla 12: Evaluación del peso específico de cada criterio (Riba Romeva, 2002).	82
Tabla 13: Evaluación de alternativas sobre el volumen de productividad (Riba Romeva, 2002).	83
Tabla 14: Evaluación de alternativas sobre el control de variables (Riba Romeva, 2002). ...	83
Tabla 15: Evaluación de alternativas sobre operación mixta del equipo (Riba Romeva, 2002).	84
Tabla 16: Evaluación de alternativas sobre el reemplazo de elementos (Riba Romeva, 2002).	84
Tabla 17: Evaluación de alternativas sobre la operación automática del equipo (Riba Romeva, 2002).	85
Tabla 18: Evaluación de alternativas sobre el lavado y secado uniforme (Riba Romeva, 2002).	85
Tabla 19: Evaluación de alternativas sobre la accesibilidad al interior del equipo (Riba Romeva, 2002).	86

Tabla 20: Evaluación de alternativas sobre la durabilidad (Riba Romeva, 2002).....	86
Tabla 21: Evaluación de alternativas sobre los componentes de seguridad (Riba Romeva, 2002).....	87
Tabla 22: Conclusión del análisis de criterios de las alternativas (Riba Romeva, 2002).	88
Tabla 23: Prediseño del equipo de lavado y secado de plástico reciclado.....	89
Tabla 24: Factor de servicio para motores eléctricos (Andres150748, 2022).	100
Tabla 25: Características del motor eléctrico WEG W22 - 324 6T (Grupo WEG, 2017)...	101
Tabla 26: Características de la boquilla seleccionada.....	116
Tabla 27: Datos para el diseño térmico del equipo de lavado y secado.	117
Tabla 28: Propiedades del aire al inicio del calentamiento.....	120
Tabla 29: Propiedades del aire al final del calentamiento.	122
Tabla 30: Propiedades del aire del proceso de humidificación adiabática.	124
Tabla 31: Propiedades del aire a partir de la mezcla.	127
Tabla 32: Características de las resistencias eléctricas de aletas AL - 101 modelo P (Asturgó S.L).....	131
Tabla 33: Características del ventilador para el secado de plástico (Sodeca).....	134
Tabla 34: Resultados de momento y cortante máximo.....	138
Tabla 35: Resultados de momento y cortante máximo.....	140
Tabla 36: Resumen de costo de materiales.....	147
Tabla 37: Resumen de costo de mano de obra y mecanizado.....	147
Tabla 38: Resumen de costo de ingeniería.	148
Tabla 39: Costo total del equipo de lavado y secado de plástico.....	148

LISTA DE ANEXOS

- A** Despliegue de la función de calidad del equipo de lavado y secado de plástico.
- B** Características del acero inoxidable 304 de DIPAC.
- C** Características motor trifásico W22 324 6T WEG.
- D** Dimensiones de poleas para bujes QD.
- E** Chaveta según la normativa UNI 6604-69 – DIN 6885.
- F** Características de la bomba centrífuga PEDROLLO CPm620.
- G** Propiedades físicas de la atmósfera en altura.
- H** Resistencias eléctricas – Asturgó Resistències Elèctriques.
- I** Diagrama de diámetro equivalente de un conducto rectangular.
- J** Diagrama de pérdidas de carga por rozamiento del aire.
- K** Ventiladores centrífugos CBXT – Curvas características.
- L** Dimensiones del ventilador centrífugo CBXT – 12/12 – 2.
- M** Manual de perfiles estructurales - Ángulo de lados iguales milimétrico.
- N** Planos de la máquina de lavado y secado de plástico.
- O** Esquema del programa PLC, Representación de terminales del PLC.
- P** Circuito de fuerza.
- Q** Costos de los materiales.
- R** Costo de mano de obra y mecanizado.

1. INTRODUCCIÓN.

El plástico es un polímero sintético que proviene de los derivados del petróleo y poseen diversas propiedades permitiendo ser moldeados y adaptados a diferentes formas y aplicaciones. Los polímeros altamente reciclables son los termoplásticos ya que se funden al calentarse y pueden ser moldeados varias veces que, aunque se degrada el polímero, pueden ser recuperados con la mezcla de material virgen.

El reciclaje de plástico es de gran importancia en la actualidad por las grandes cantidades de desechos que se ha generado desde su aparición, el bajo índice de biodegradabilidad y el impacto ocasionado al medioambiente cuando cumplen su función y no son correctamente dispuestas en puntos de reciclaje (Recytrans, 2014).

El reciclaje mecánico es el método principalmente usado y consiste en triturar el plástico y transformarlos en nuevos productos. Las fases del reciclaje mecánico se dividen principalmente en: clasificación, trituración, lavado, secado y peletizado. Aunque todas las fases son de gran importancia, se destaca la trituración, el lavado y el secado porque son la clave en la calidad de pellets reciclados.

Las industrias procesadoras de plástico como Kaliflex, utilizan el material reciclado como materia prima para la producción de diferentes elementos plásticos. Cuentan con equipos que desarrollan las actividades de lavado, secado y triturado, un equipo por cada actividad volviendo costosa la adquisición de esta sección de la línea productiva.

El diseño, desarrollo y construcción de equipos multifuncionales para cumplir con las necesidades de las empresas relacionadas a la producción del plástico permiten optimizar el uso del espacio físico, el uso del personal para las actividades manuales de los procesos y el uso de recursos.

2. PROBLEMA.

Kaliflex es una empresa que se dedica a la transformación de polímeros cuyo principal proceso es la inyección de plástico, al recibir su materia prima presenta principalmente dos problemas relacionados a la limpieza; primero, el lavado del plástico reciclado se lo realiza de manera artesanal dependiendo directamente de la actividad física de un operario para agitar el material en contenedores de lavado con la probabilidad que no se obtenga un material lo suficientemente limpio; el segundo, depende de las condiciones climatológicas para el secado del material lavado. El plástico se extiende sobre tendales y con ayuda del calor del sol y flujo de aire se seca. Es indispensable para Kaliflex contar con un sistema que vuelva más eficiente el proceso de limpieza de su materia prima para evitar la interrupción del proceso productivo por falta de plástico en las tolvas de inyección.

2.1. Antecedentes.

En la ciudad de Piñas, se encuentra constituida la empresa Kaliflex. La empresa tiene como principal punto de negocio la fabricación de accesorios plásticos para instalaciones de tuberías y cajetines para instalaciones eléctricas. El 70% de la materia prima que utilizan es reciclado y dicho material llega parcialmente triturado, en condiciones de limpieza mínimas, el cual no puede ser utilizado para ser reprocesado, debido a esto la empresa lava el material de manera artesanal, este proceso de lavado y secado toma mucho tiempo, además de ser ineficiente, reduce los beneficios y los costos.

2.2. Importancia y Alcance.

El diseño de una máquina lavadora y secadora de plástico reciclado se desarrolla por la importancia que representa para la empresa Kaliflex. Se espera mejorar el proceso de limpieza de la materia prima que adquieren (polipropileno).

Con el desarrollo del proyecto de diseño permitirá la construcción de un equipo multifuncional con el fin de optimizar el uso del espacio físico dentro de la empresa, reducir el uso de recursos como el agua y la energía, minimizar la actividad física en el proceso de lavado del plástico, mejorar el proceso de secado con la inyección de aire caliente y disminuir el tiempo del proceso de limpieza.

La máquina que se encargará de la limpieza del polipropileno contará con una capacidad nominal de procesamiento de 50 Kg/h y un máximo de 60 Kg/h.

2.3. Delimitación.

El proyecto de diseño de una máquina de lavado y secado de plástico se desarrolla para la empresa Kaliflex ubicada en la Ciudad de Piñas, Provincia de El Oro, bajo las condiciones de producción que tienen en la actualidad (2021) y específicamente para el polipropileno debido a que sus productos se basan en este material.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

Diseñar una maquina lavadora y secadora de plástico reciclado para la empresa Kaliflex ubicada en la ciudad de Piñas provincia de El Oro.

3.2. Objetivos Específicos.

- Identificar la situación actual de la empresa Kaliflex y analizar el proceso de lavado y secado con el que cuenta actualmente.
- Determinar los parámetros de diseño de una lavadora y secadora de plástico reciclado que cumpla las condiciones productivas de Kaliflex y modelar el sistema con ayuda de software CAD.
- Validar el diseño estructural del equipo de lavado y secado mediante la simulación del modelo tridimensional en software CAD.
- Realizar un estudio de costos unitarios para determinar el valor efectivo del equipo de lavado y secado.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICO.

4.1. Polímeros.

4.1.1. Introducción a los polímeros.

El sufijo *mero* significa “unidad”, por lo que polímero significa “muchas unidades”, bajo esta premisa, polímero hace referencia a un grupo de elementos con una distribución particular para un polímero (Askeland & Wright, 2017).

Un polímero es un compuesto que se encuentra constituido por macromoléculas a partir de la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).

Los polímeros se obtienen de reacciones de polimerización que comienzan con la producción de largas cadenas de monómeros unidas fuertemente mediante enlaces covalentes (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012), resultando en macromoléculas con elevada masa molecular y la presencia de gran número de átomos (Peacock & Calhoun, 2012). La longitud de estas cadenas poliméricas se encuentra determinadas por el número de unidades repetibles en la cadena denominándose grado de polimerización (Billmeyer, 2020).

Por ejemplo, para obtener polietileno, la unidad repetitiva es el monómero de etileno (ver figura 1) a través de la polimerización se adicionan a cualquiera de sus extremos formando la cadena polimérica.

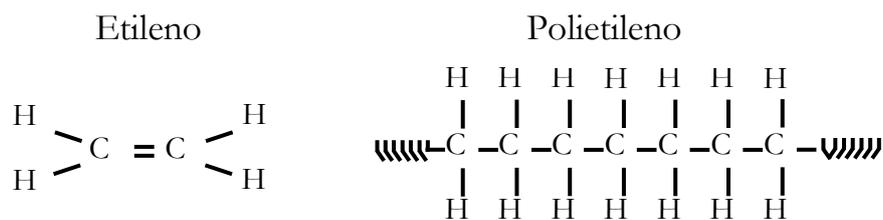


Figura 1: Fórmula del etileno y del polietileno (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).

Los procesos de polimerización se encuentran divididos en dos grupos: polimerización de adición o de reacción en cadena, donde dos o más monómeros similares reaccionan directamente para formar cadenas largas de moléculas (Montalvo Soberón, 2007) y la polimerización de condensación o de reacción por etapas, donde reaccionan dos moléculas diferentes para formar una macromolécula generándose también un subproducto como el agua (Billmeyer, 2020).

Un ejemplo sobre la polimerización de adición es la del polietileno (ver figura 1) donde, en presencia de calor, presión y catalizadores se rompe el doble enlace que existe entre átomos de carbono reemplazándolo por un enlace simple que convierte los extremos del monómero en radicales libre que permiten adicionar otras unidades de repetición. Por otro lado, el nylon 6,6 es producto de la polimerización por condensación al reaccionar diaminas con derivados de

carboxilo. Los oxígenos del carboxilo y los hidrógenos se unen mediante un puente de hidrógeno permitiendo a las cadenas alinearse formando fibras (Liera R., 2017).

Los plásticos son materiales que pueden provenir de base orgánica y sintética. Los monómeros de base orgánica son de origen natural como el caucho y la celulosa. Por otro lado, los monómeros de base sintética provienen de los derivados del petróleo. Con frecuencia, los polímeros de origen sintético contienen otros elementos como fibras, pigmentos, en otras palabras, aditivos que ayudan a mejorar las propiedades del plástico (Askeland & Wright, 2017). En la Tabla 1, se describen los principales aditivos usados en la industria del plástico y sus propósitos.

Tabla 1: Principales aditivos usados en la industria plástica (Crawford & Martin, 2020).

Aditivos	Descripción
Antioxidantes	Se ocupan elementos antioxidantes en los plásticos con el fin de inhibir la degradación oxidante y térmica. (Antioxidantes fenólicos, fosfitos, bisfenol A, etc.)
Agente antiestática	Debido a que los polímeros son pobres conductores, acumulan carga de electricidad estática. Los agentes antiestáticos atraen humedad del aire sobre la superficie del plástico, mejorando su conductividad superficial. (Compuestos cuaternarios de amonio, ésteres fosfóricos y ésteres de polietilenglicol.)
Agentes espumantes	Los agentes espumantes se adicionan para crear espumas o estructura celular. Estos agentes pueden ser físicos (inyección de gas) o químico (se adicionan agentes químicos que desprenden gases durante el proceso). (Bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, azodicarbonamida, etc.)
Agentes de unión	Estos agentes aumentan mejoran el vínculo del plástico a materiales de relleno. (Silanos y titanatos.)
Relleno	Se conoce como relleno a las partículas sólidas que se adicionan al plástico para mejorar sus propiedades. (serrín, sílice, talco, caliza, etc.)
Retardantes de fuego	Se adicionan agentes como cloro, nitrógeno, fosforo o sales metálicas que actúan como retardantes de fuego con el fin de reducir la posibilidad de

	combustión. (Alúmina trihidratada, óxido de antimonio, borato de zinc, ésteres fosfóricos.)
Estabilizadores de calor	Estos agentes protegen al polímero de degradación térmica de las elevadas temperaturas durante el procesamiento del plástico.
Lubricantes	Los lubricantes reducen la viscosidad y pegajosidad del plástico fundido mejorando sus características de formación. (Estearatos metálicos, amidas, ésteres de ácidos grasos, ceras hidrocarbonadas y polietilenos de bajo peso molecular.)
Agentes de nucleación	Los agentes de nucleación también favorecen la cristalización y aseguran que las estructuras cristalinas sean regulares con espacios intermoleculares numerosos y más pequeños.
Pigmentos	Los pigmentos y tintes se usan para dar la coloración a los plásticos. (Óxido de titanio, negros humo, tintes, etc.)
Refuerzos	Se utilizan para cambiar y/o mejorar las propiedades físicas de los plásticos. (fibras de vidrio, fibras poliméricas, fibras de carbono, etc.)
Agentes desmoldantes	Los agentes desmoldantes previenen que el plástico se pegue sobre la superficie en las paredes de la máquina.
Estabilizadores UV	Protege o previene a los plásticos de la degradación por los rayos ultravioletas extendiendo la vida del producto final.

En la actualidad, no se imagina un mundo sin plástico y se debe a su popularidad, numerosas características prácticas y propiedades como: bajos costos de producción, bajo peso, resistencia a ambientes ácidos, flexibilidad, entre otras (Plastic Garbage Project, s.f.).

4.1.2. Clasificación de los plásticos.

Existen diferentes maneras de agrupar los polímeros: según la síntesis de las moléculas, la estructura molecular o por la familia química a la que pertenece (Askeland & Wright, 2017), aunque para Beltrán y Marcilla “si bien todas las posibles clasificaciones pueden resultar en algún momento ambiguas y, por lo general, un mismo plástico se encuentra en diferentes grupos” (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012). En base a su estructura (ver figura 2), se clasifican los polímeros como propone Fombuena en el texto “*Caracterización de materiales*

poliméricos” como termoplásticos (polímeros lineales), termoestables (polímeros tridimensionales) y elastómeros (polímeros entrecruzados) (Fombuena Borràs, Fenollar Gimeno, & Montañés Muñoz, 2016).

Como sugieren sus nombres, los termoplásticos actúan como materiales que fluyen con gran facilidad cuando son torcidos, empujados o estirados adoptando diferentes formas al aplicarse calor. Por otro lado, los plásticos termoestables fluyen hasta tomar la forma deseada que al aplicarse calor sufre un proceso de curado. El recalentamiento de plástico termoestable degradará el elemento fabricado dañándolo (Painter, Coleman, Fernandez - Berridi, & Iruin, 2019). Los elastómeros, al igual que un resorte, pueden ser estirados de manera reversible al someterse a una fuerza (Askeland & Wright, 2017).

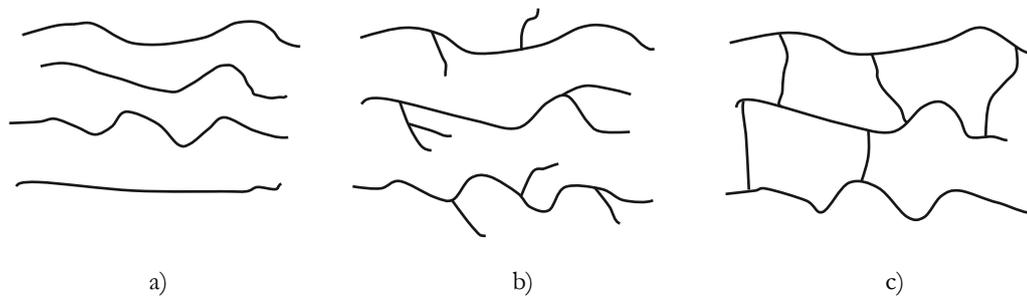


Figura 2: Clasificación de los polímeros en base a la estructura de sus cadenas moleculares. a) Estructura lineal; b) Estructura tridimensional; c) Estructura entrecruzada (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).

La estructura de las cadenas que adoptan los polímeros influye directamente sobre las propiedades del plástico como producto final (Peacock & Calhoun, 2012).

4.1.2.1. Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros con una estructura conformada por cadenas lineales que pueden ser ramificados o no (figura 3) que se encuentran unidos mediante enlaces secundarios débiles: fuerzas de Van der Waals, atracciones dipolo – dipolo o puentes de hidrógeno (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) (Fombuena Borràs, Fenollar Gimeno, & Montañés Muñoz, 2016) (Bilurbina & Liesa, 2019).

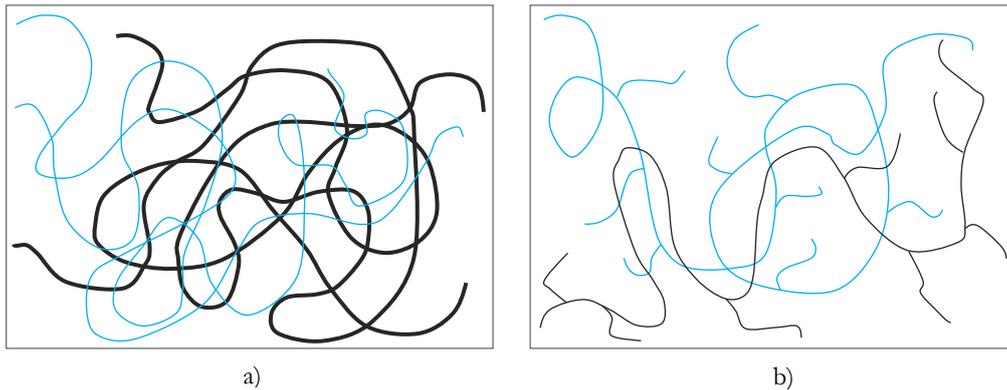


Figura 3: Representación de polímeros lineales ramificados y no ramificados (Askeland & Wright, 2017).

Como se observa en la figura 3, las cadenas de los polímeros lineales no se encuentran entrecruzadas volviéndolos solubles en solventes orgánicos y fundibles, siendo materiales altamente reciclables (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012). La disposición de estas cadenas permite distinguir un polímero termoplástico amorfo de uno cristalino (Fombuena Borràs, Fenollar Gimeno, & Montañés Muñoz, 2016).

Cuando las cadenas poliméricas presentan cierto orden regular en su organización se denominan polímeros cristalinos. Los polímeros que no presentan un orden específico en la organización de sus cadenas se denominan polímeros amorfos (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019). La figura 4 se muestra la representación de las cadenas de un polímero semicristalino (zonas amorfas y cristalinas).

Esta condición de cristalinidad influye sobre las propiedades mecánicas del polímero debido a que una estructura cristalina requiere de mayor fuerza para ser deformado a diferencia de una estructura amorfa.

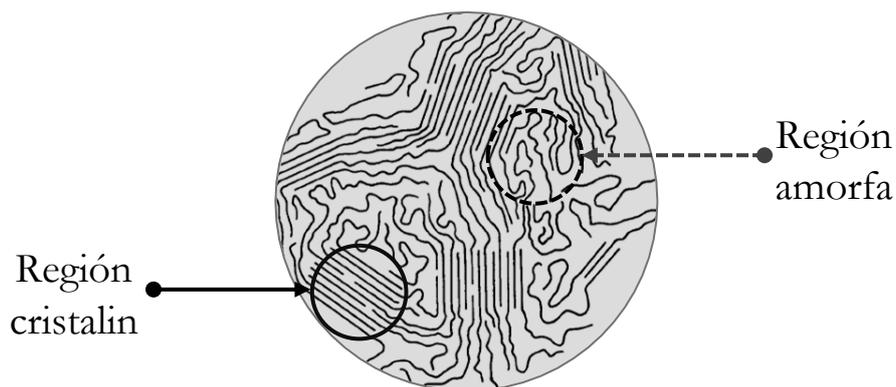


Figura 4: Representación de una estructura semicristalina (zonas amorfas y zonas cristalinas) de un termoplástico (3devo, 2022).

El comportamiento mecánico de estos polímeros no solo se ve afectado por cómo se encuentran conformadas sus cadenas sino también interviene la temperatura de transición vítrea (tratándose de un material amorfo) o temperatura de fusión (tratándose de un material cristalino).

Temperatura de transición vítrea (T_g): La temperatura de transición vítrea de los polímeros termoplásticos es característico en la estructura amorfa. La figura 5 representa el cambio de comportamiento de un material plástico de frágil a dúctil.

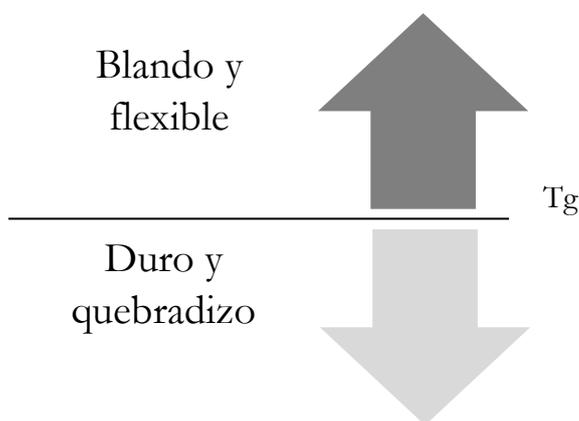


Figura 5: Cambios de comportamiento de termoplásticos respecto a su temperatura de transición vítrea (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo, & Cuervo Ochoa, 2019).

Temperatura de fusión (T_m): La temperatura de fusión es característico de las estructuras semicristalinas en donde las zonas cristalinas ordenadas se funden.

4.1.2.2. Termoestables

Los termoestables son polímeros con estructuras ramificadas de cadenas primarias donde nacen cadenas secundarias llamadas ramales (figura 6) con centros activos que generan polímeros tridimensionales entrecruzados (Askeland & Wright, 2017) (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) (Bilurbina & Liesa, 2019).

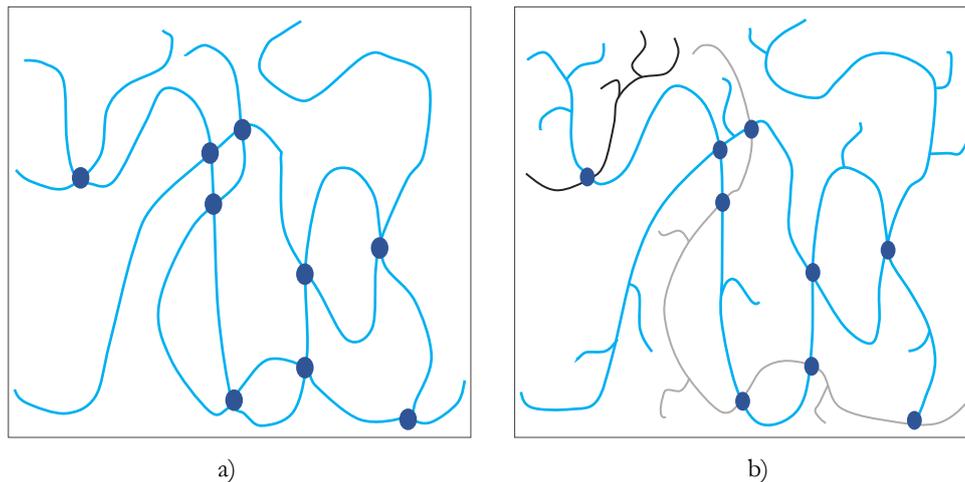


Figura 6: Representación de polímeros termoestables: *a)* ramificados y *b)* no ramificados (Askeland & Wright, 2017).

Los polímeros termoestables son producto de una reacción química de dos etapas. La primera etapa, inicia con la formación y el crecimiento de largas cadenas moleculares similares a los termoplásticos seguidos del entrecruzamiento, y en la segunda etapa durante el moldeo, usualmente se ocupa una fuente externa para el curado como la aplicación de calor, presión o exposición a la luz UV adquiriendo un estado final reticulado y rígido incapaz de ser fundido. Conforme la reacción química avanza, el peso molecular aumenta y las cadenas se enlazan en un retículo de peso molecular infinito (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) (Crawford & Martin, 2020) (Ramis, 1994).

Estos materiales adquieren una forma rígida permanente que al ser calentados se degradan o descomponen sin poder ser refundidos y forman residuo carbonoso (Smith & Hashemi, 2006) esto hace que no puedan ser reprocesados con facilidad, por lo tanto, su reciclaje es complejo (Askeland & Wright, 2017).

Se caracterizan por sus diferentes propiedades como su estabilidad mecánica a elevadas temperaturas, alta resistencia química, rigidez, dureza superficial, excelente estabilidad dimensional (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) (Bilurbina & Liesa, 2019).

Aunque los plásticos termoestables fueron los primeros en desarrollarse con la baquelita, los mercados de plásticos termoestables han disminuido incesantemente hasta la actualidad con la introducción de nuevos materiales y el modelo de producción en masa.

Los materiales termoplásticos dominan el mercado por su excepcionalmente simple proceso productivo a diferencia de los termoestables que requieren equipos especializados para su procesado (Crawford & Martin, 2020).

4.1.2.3. Elastómeros

Los elastómeros, también conocidos como cauchos, son polímeros con la capacidad de soportar fuerzas de deformación y recuperarse a su estado inicial. Se encuentran formados por macromoléculas que contienen dobles enlaces en su cadena principal enrolladas sobre si mismas dándoles flexibilidad (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) (Bilurbina & Liesa, 2019).

En 1839, Charles Goodyear de neumáticos Goodyear descubre el proceso de vulcanizado con una mezcla de caucho natural, azufre y carbonato de plomo que se calentaba volviendo al caucho de comportamiento termoplástico a elastomérico (Smith & Hashemi, 2006).

Según Coran (1994), en el libro *Ciencia y tecnología del caucho*, define a la vulcanización como “un proceso que aumenta la retracción y disminuye la deformación remanente permanente después de cesada la causa”, en otras palabras, se aumenta la elasticidad y se disminuye la plasticidad. Coran también indica que es un proceso químico muy complejo en donde las largas cadenas de moléculas del polímero se enlazan en forma de red tridimensional por la fijación de enlaces entrecruzados.

El proceso de curado es similar al de los polímeros termoestables con la diferencia que el grado de entrecruzamiento es menor para ser lo suficientemente espaciado y no impedir el desenrollamiento de cadenas (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012).

Cauchos naturales: Se producen a partir del látex que segregan los árboles del caucho. El látex es un líquido lechoso que se procesa diluyendo hasta un 15% de contenido en caucho y se coagula con ácido fórmico. Este material se comprime para retirar el agua y formar hojas que se secarán para ser triturados rompiendo algunas cadenas poliméricas reduciendo su peso molecular promedio.

Los cauchos blandos vulcanizados contienen aproximadamente el 3% del peso en azufre que se calienta entre los 100 a 200°C para su procesado. Esta mezcla tiene una reacción lenta por lo que se añaden acelerantes y otros aditivos químicos. Además, con el fin de incrementar las propiedades mecánicas (tensión, abrasión y rasgadura a la tensión) de los elastómeros de origen natural se agregan cargas de relleno a su composición como son el negro de humo y minerales (Smith & Hashemi, 2006).

Cauchos sintéticos: Los cauchos sintéticos provienen de la polimerización de una variedad de monómeros que incluyen al isopreno, butadieno, cloropreno y el isobutileno. Los elastómeros sintéticos son un sustituto del caucho natural cuando se requieren mejores propiedades (Colaboradores de Wikipedia, 2021).

4.1.3. Aplicaciones y usos.

A continuación, se presenta una tabla con las aplicaciones y usos de los polímeros termoplásticos, termoestables y elastómeros comerciales:

Tabla 2: Aplicaciones y usos de los polímeros (Universidad de Málaga).

Aplicaciones y usos de polímeros		
Polímeros	Propiedades	Aplicaciones y usos
Termoplásticos		
PET	Gran dureza, buena resistencia química, resistencia al desgaste e impacto, reciclable.	Envases y botellas plásticas, textiles, películas fotográficas
PEAD	Rigidez y resistentes. Resistente a impactos, tracción y a temperaturas altas y bajas. Incoloro y casi opaco. Reciclable	Tuberías, garrafas plásticas, tapones de envases, mesas y sillas.
PEBD	Buena resistencia química y térmica. Resistente al impacto. Más flexible que el PEAD. Puede llegar a ser transparente.	Sacos y bolsas plásticas, aplicaciones agrícolas, juguetes, vasos, platos, cubiertos, botellas, stretch film, tuberías.
PVC	Excelente resistencia mecánica, resistencia al impacto, durable, resistente a la corrosión y producto químicos.	Tuberías, puertas, ventanas, persianas, laminas para impermeabilización, envases y embalaje, tableros automotrices, etc.
PP	Excelente resistencia química a los ácidos y sustancias alcalinas, buena resistencia térmica y mecánica	Juguetes, vasos, materiales de construcción, piezas de automóvil, ropa y electrodomésticos, bolsas plásticas.
PS	Resistente a la presión, alta capacidad para amortiguar golpes, aislante.	Juguetes, placa de Petri, percheros, material de oficina, cubiertos desechables.

Termoestables		
Fenólicos	-	Aislantes eléctricos, interruptores, bases de enchufes
Resinas de poliéster	Resistente a los rayos UV, son maleables hasta calentarse, resistente al agua.	Construcción de embarcaciones, vehículos, tuberías, cascos, cañas de pescar, tanques de presión.
Resinas epoxi	Resistente a temperaturas, autonivelante, material flexible, buena adherencia.	Pinturas y acabados, adhesivos, embarcaciones.
Elastómeros		
Cauchos	Muy flexibles y resistentes	Fabricación de neumáticos, artículos impermeables y aislantes
Neoprenos	Más resistente que el caucho, pero menos flexibles, resistente a los agentes químicos, inclemencia y rayos del sol	Trajes de buceo, juntas de tuberías, guantes, sellos mecánicos, recubrimiento de cables, control de vibración y aislamiento acústico.
Poliuretanos	Son duros, resistentes a la abrasión y flexibles	Aislantes térmicos y acústicos, fabricación de espumas flexibles, pinturas aislantes, componentes automotrices, textiles.
Siliconas	Buena estabilidad térmica y a la oxidación. Son flexibles	Implantes y prótesis médicas, lubricantes, adhesivas, sellos, aislamiento de cables, barnices, pinturas.

4.2. Polipropileno (PP).

4.2.1. Introducción al polipropileno.

En 1954, el científico italiano Giulio Natta y sus colaboradores logran sintetizar por primera vez el polipropileno utilizando como catalizadores compuestos de titanio y aluminio y para 1957 el polipropileno se había convertido en un producto comercial que ganó rápidamente popularidad por toda Europa y esto debido a sus propiedades. En la actualidad es uno de los plásticos más producidos en el mundo con una demanda anual de aproximadamente 62 millones de toneladas métricas (Bilurbina & Liesa, 2019) (Creative Mechanisms Staff, 2016).

El polipropileno es un termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización de olefinas mediante la adición de monómeros de propileno por una reacción de tipo Ziegler-Natta¹ o por medio de catálisis de metalloceno (Roymaplast, 2017). De acuerdo con Méndez (2022) en “*Procesabilidad y sustentabilidad del polipropileno: consideraciones de proceso*” indica que “en el caso particular del polipropileno, tras su polimerización puede formar tres estructuras de cadena básica según la posición de los grupos metilo: isotáctico, sindiotáctico y atáctico” (Méndez Prieto, 2022).

Polipropileno isotáctico: Los grupos de metilo se encuentran a un lado de la columna polimérica (Figura 7).

¹ Los catalizadores Ziegler-Natta son un compuesto químico organometálico utilizados como iniciadores para la polimerización de α -olefinas (hidrocarburos con un doble enlace carbono-carbono) a polímeros de pesos moleculares elevados y estructuras ordenadas (Roymaplast, 2017).

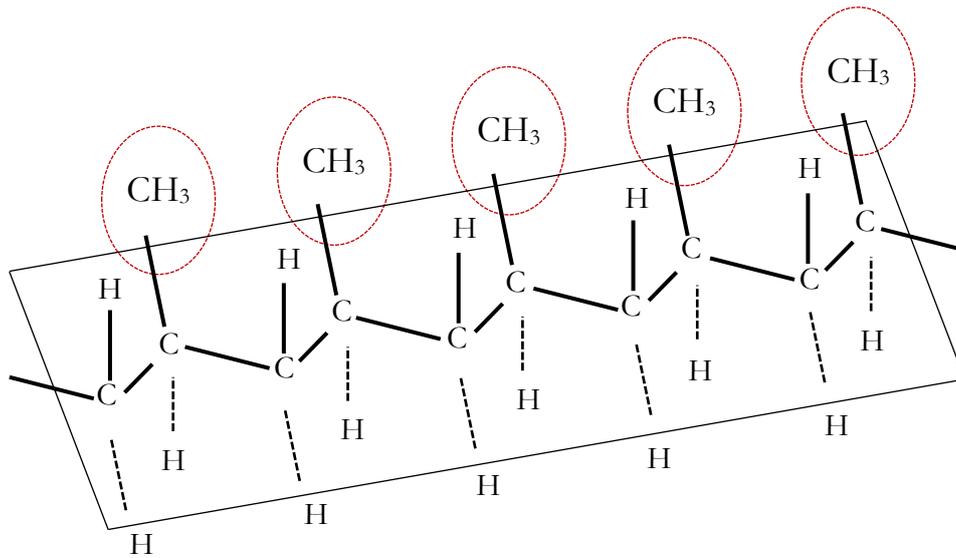


Figura 7: Estructura del polipropileno isotáctico (Roymaplast, 2017).

Polipropileno sindiotáctico: los grupos de metilo se encuentran alternados en ambos lados (Figura 8).

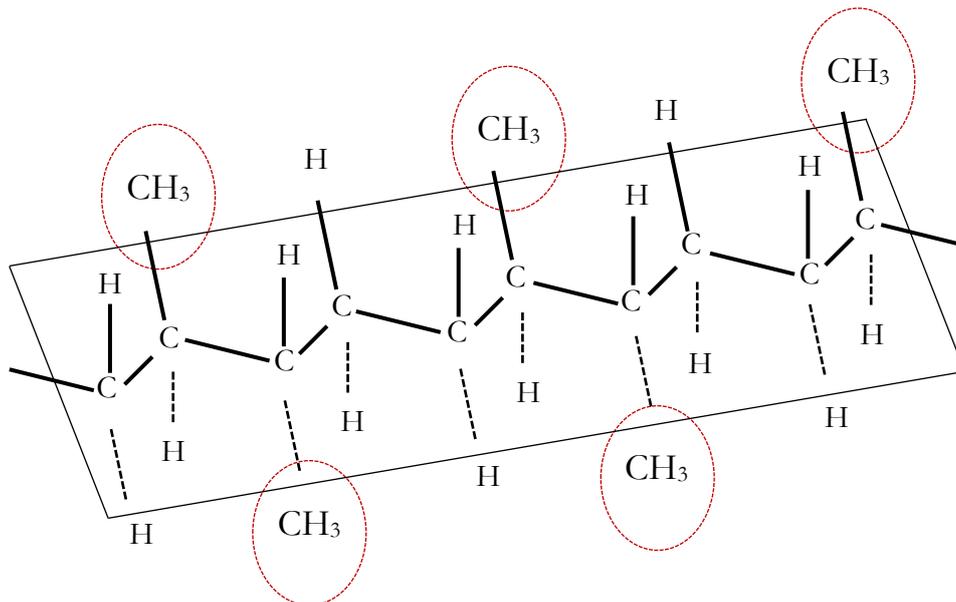


Figura 8: Estructura del polipropileno sindiotáctico (Roymaplast, 2017).

Polipropileno atáctico: los grupos de metilo se encuentran dispuestos irregularmente (Figura 9).

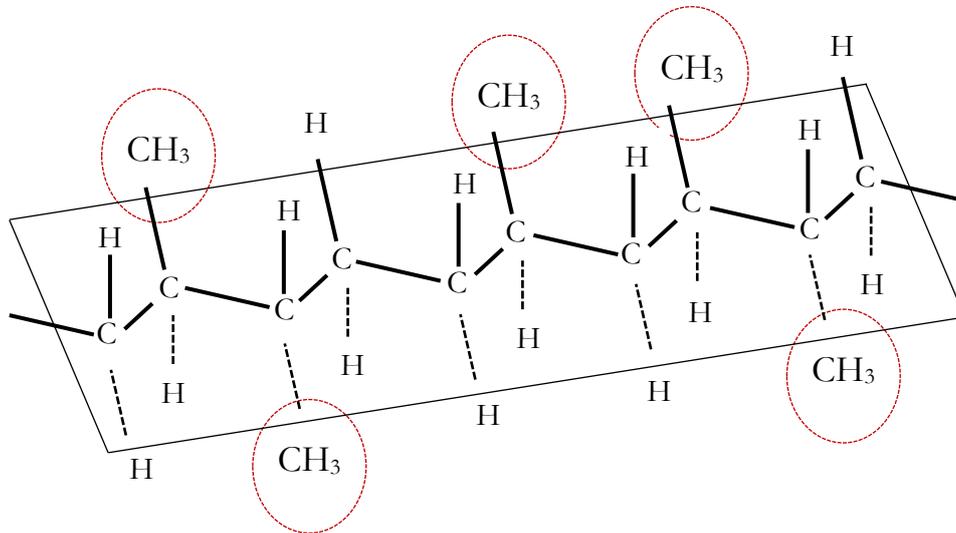


Figura 9: Estructura del polipropileno atáctico (Roymoplast, 2017).

El polipropileno isotáctico y sindiotáctico, debido a su configuración de estructura, poseen gran cristalinidad, mayor densidad, presenta una buena rigidez, excelente resistencia a la acción de los disolventes y alta temperatura de fusión. Por otro lado, el polipropileno atáctico cuenta con una estructura amorfa y de baja resistencia (Méndez Prieto, 2022). En base a los monómeros que conforman las cadenas existen dos tipos de polipropileno disponibles: homopolímero y copolímero.

Homopolímeros: las cadenas poliméricas solo contienen monómeros de propileno resultando en una estructura semicristalina. Son más rígidos con una mejor resistencia a las altas temperaturas (en comparación con los copolímeros) y excelente resistencia química. La resistencia al impacto se ve limitada cuando el polímero se encuentra a temperaturas bajo cero. (Maddah, 2016).

Los copolímeros se encuentran divididos en copolímeros de bloque y copolímeros aleatorios.

Copolímero de bloque: las cadenas poliméricas no solo contienen monómeros de propileno, sino que existe presencia de monómeros de etileno entre 5 al 15% en peso. Las moléculas de etileno agregan propiedades específicas al polipropileno entre las que destaca su particular resistencia al impacto a bajas temperaturas (debajo de los 20°C). Las zonas copolimerizadas

del material tienen un parecido al caucho y produce zonas dispersas en la matriz de polipropileno (Méndez Prieto, 2022) (Harutun, 2003).

Copolímero al azar: las cadenas poliméricas contienen moléculas de etileno en menor cantidad (entre 1,4 y 6%) con una disposición al azar entre las unidades de propileno. El etileno dentro de la estructura resulta en la reducción de la uniformidad cristalina en el polímero. A medida que el contenido de etileno aumenta, el espesor cristalino disminuye resultando en un punto de fusión más bajo y mayor flexibilidad. Las propiedades de resistencia al impacto son ligeramente mejores a diferencia de los homopolímeros (Méndez Prieto, 2022) (Maddah, 2016).

4.2.2. Propiedades.

Las propiedades más representativas del polipropileno se presentan a continuación (Tabla 3):

Tabla 3: Propiedades representativas del polipropileno (Creative Mechanisms Staff, 2016).

Propiedades	Descripción
Resistencia química	Presenta una buena resistencia frente a bases y ácidos diluidos convirtiéndolo en una buena opción como recipiente de líquidos similares.
Elasticidad y tenacidad	Actúa con elasticidad entre un rango de deflexión, pero también al principio del proceso de deformación experimentará una deformación plástica.
Resistencia a la fatiga	Tiene la capacidad de conservar su forma después de haber ejercido esfuerzos de torsión y deflexión.
Aislante	Alta resistencia a la electricidad siendo material adecuado para ser ocupado como aislante.
Transparencia	Se produce comercialmente opaco, aunque se puede producir transparente siendo aplicable en condiciones donde se requiere cierta transferencia de luz.
Baja absorción de humedad	Permite al polímero encontrarse en ambientes húmedos debido a su baja absorción de humedad.
Elevado punto de fusión	Lo vuelve adecuado para ocuparse en condiciones de alta temperatura (aproximadamente 170°C).

4.2.3. Aplicaciones industriales del polipropileno.

Las propiedades del polipropileno indicadas en la Tabla 3 lo convierten en un material muy versátil con una amplia variedad de aplicaciones. A nivel industrial el polipropileno ofrece un proceso productivo con la mayor eficiencia. Los procesos transformativos más comunes son el moldeo por inyección y la extrusión. En el proceso de moldeo por inyección, se funden gránulos del polipropileno hasta un estado pastoso y se inyecta a presión en las cavidades de un molde esperando a que se solidifiquen resultando en un producto final.

Kaliflex ocupa el proceso de moldeo por inyección para producir diferentes productos en la línea de conexiones para tuberías de agua y cajetines de conexiones eléctricas.

4.3. Sobre el reciclaje de plásticos.

4.3.1. Reciclaje del plástico.

Desde su aparición en el uso comercial, los polímeros han brindado soluciones vanguardistas a los requerimientos y desafíos de la sociedad. Sus grandes propiedades como: versatilidad, durabilidad y adaptabilidad volvieron a este material extraordinario que permite satisfacer exigencias funcionales y estéticas.

Los polímeros son materiales que han logrado definir el estilo de vida de la humanidad de tal forma que la calidad de vida de millones de personas en el mundo sea más sencilla, segura y agradable. Si bien en el presente y futuro se seguirá amoldando a estos extraordinarios materiales, hoy en día no se ha tenido la capacidad de aprovechar todo el potencial de ellos y sobre todo el impacto al medioambiente debido al mal manejo de sus desechos.

Acabar con las cuestiones de la contaminación por plásticos no es una solución a corto plazo, pero una alternativa viable consiste en reducir, reutilizar y reciclar es fundamental para ser parte de la solución. Por otro lado, como indica BBVA (2021), el reducir la huella de plástico no resolverá el problema de su origen petroquímico por lo que se debe trabajar en la fabricación de bioplásticos (BBVA, 2021).

De acuerdo con el análisis de producción mundial de plástico del 2019 realizado por PEMRG y Conversio Market & Strategy GmbH, la producción mundial de plástico² alcanzó una cifra de 368 millones de toneladas siendo China el país con mayor producción representando el 31% (Plastics Europe, 2020). En este mismo análisis, se muestra la demanda por tipo de plásticos (figura 10) donde lideran la producción el polietileno (PE) y el polipropileno (PP).

En la actualidad solo el 14% de los desechos plásticos producidos anualmente son recolectados para su reciclaje.

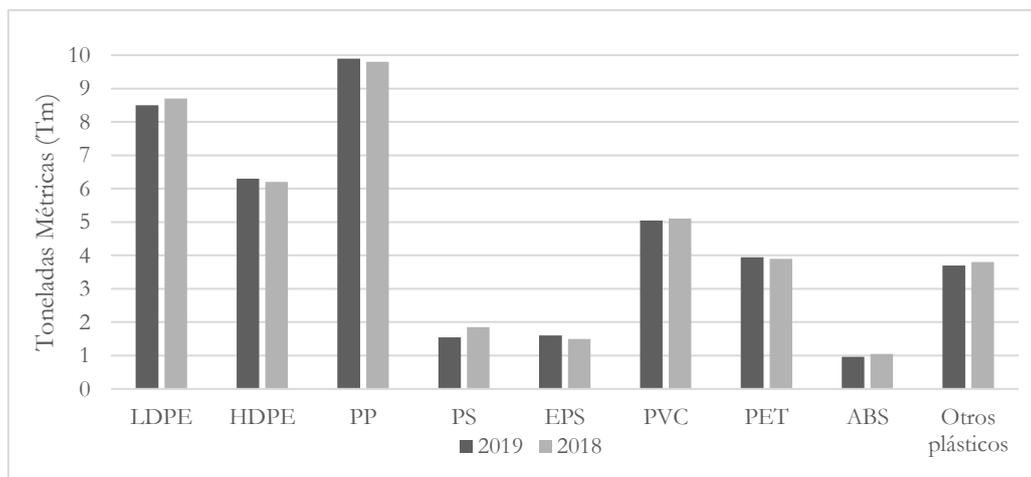


Figura 10: Demanda de plásticos en Europa por tipo en 2019 (Plastics Europe, 2020).

Un grupo internacional de científicos de las universidades de Nanjing y California San Diego, mediante el modelo MITgmc, cuantificaron la cantidad de plástico vertido en el océano y conocer su impacto. Los estudios realizados indican que se ha generado aproximadamente 8,4 millones de toneladas de desechos plásticos relacionados a la pandemia hasta agosto de 2021, estimando también que aproximadamente 25000 toneladas llegaron a los océanos (Peng, Wu, Schartup, & Zhang, 2021).

En el 2004, durante la Cumbre de G8, el Primer Ministro de Japón, Koizumi Junichiro, presentó la iniciativa que perseguía construir una sociedad responsable con el medio ambiente. En el

² Los materiales plásticos que fueron analizados por PlasticEurope incluyen termoplásticos, poliuretanos, termoestables, elastómeros, adhesivos, revestimientos, sellantes y fibras de PP.

2005, representantes de 20 países desarrollaron una asamblea para discutir la implementación de esta iniciativa de manera internacional relacionada a las 3R's (Figura 11).

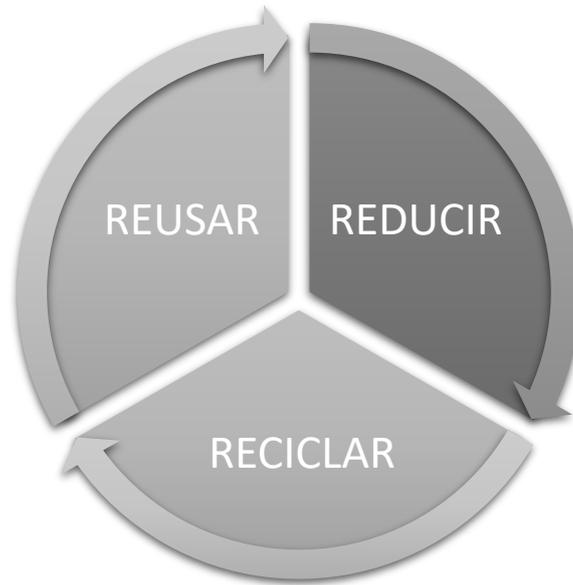


Figura 11: Las 3R's para cuidar el medio ambiente.

Las 3R's hace referencia al método para el manejo de los desechos producidos en los hogares e industrias.

Reducir: hace referencia a disminuir el consumo de plásticos que generen desperdicios, reducir el consumo de agua y energía, además, promueve el uso del transporte público u optimizar el uso del transporte personal.

Reusar: es necesario maximizar la vida útil a los plásticos existentes antes de que deban ser reciclados o desechados.

Reciclar: una vez aprovechado al máximo de las bondades de los plásticos, se debe dar una segunda oportunidad y convertirlos en un nuevo producto aprovechable.

En el informe “Global Plastics Outlook” (2022) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo menciona que si bien el haber entrado en cuarentena durante la pandemia por el

COVID-19 disminuyeron el uso de plástico a nivel mundial un 2,2%³, a medida que sucedía la reactivación de muchos sectores, esta se fue lentificando y repuntando en el 2021 (OECD, 2022). Además, todo el esfuerzo realizado en la reducción del consumo de plástico se puede revertir debido al aumento de equipos de protección personal frente a la pandemia como mascarillas, protectores faciales, guantes, trajes médicos y elementos como botellas de alcohol y desinfectante, recipientes de comida, empaques y kits de pruebas (Naciones Unidas, 2021).

4.3.2. Reciclaje de plástico en Ecuador.

Debido a la dificultad que implica reciclar correctamente ciertos plásticos, algunos de ellos tienen la probabilidad de terminar en rellenos sanitarios, botaderos o, en el peor de los casos, en los océanos (Alarcón, 2021).

De acuerdo con las cifras del INEC, en el Ecuador solo el 4% de la basura generada es reciclada y el 96% son enterrados. Del porcentaje que es enterrado; el 66,5% son desechos orgánicos y el 33,5% son desechos inorgánicos que debido a la falta de una cultura de la clasificación de desechos para su próximo reciclado se considera que casi todo termina en botaderos (Morán, Plan V, 2020).

Los desechos que son generados tienen tres diferentes destinos: el 25,6% corresponde a los botaderos que se encuentran a cielo abierto, el 28,8% van a celdas emergentes y el 45,7% son dispuestos en rellenos sanitarios (Morán, Plan V, 2020).

Según datos revisados por Plan V (Morán, Plan V, 2020) indica que, en el 2018, los ecuatorianos producían aproximadamente 13 mil toneladas de basura diarias de las cuales el 11,5% eran plásticos. Este porcentaje representa 531.461 toneladas por año de desperdicio plástico.

Sobre el uso de plásticos en Ecuador, la Asamblea Nacional aprobó el 15 de diciembre del 2020 una ley con la que se espera regularizar el uso de plásticos de un solo uso. Esta ley se aprobó

³ La disminución del 2,2% hace referencia al plástico de uso general ocupado en el 2020 con respecto a los niveles del 2019.

tras la revisión de cuatro de las nueve observaciones que realizó el expresidente Lenin Moreno al proyecto (Coba, 2020).

La “*Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso*” (Coba, 2020) fue publicada en el Registro Oficial el 22 de diciembre del 2020 e indica las prohibiciones a cumplirse en diferentes plazos:

- *Prohibiciones a cumplir en 12 meses:* hacen referencia básicamente al uso de bolsas y envases plásticos de un solo uso en lugares partes del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, al uso de bolsas o envoltorios para la entrega de publicidad impresa, prensa escrita o recibos de cobro y estados de cuenta. Además de la prohibición de la fabricación e importación para el uso de sorbetes plásticos de un solo uso.
- *Prohibiciones a cumplir en 24 meses:* la fabricación e importación para el uso de bolsas plásticas de un solo uso que: no contengan el porcentaje mínimo de material reciclado, incluyan aditivos que catalizan la fragmentación en microplásticos⁴. Además, la fabricación e importación para el uso de recipientes que provengan de poliestireno (expandido, extruido o espuma) que no contengan el porcentaje mínimo de material reciclado.
- *Prohibiciones a cumplir en 36 meses:* refiriéndose a la fabricación e importación para el uso de: bolsas o envoltorios plásticos de un solo uso que cuya fabricación no contenga el porcentaje mínimo de material reciclado y platos, vasos y utensilios plásticos de un solo uso que no sean reciclables ni reutilizables y que cuya fabricación no contenga el porcentaje mínimo de material reciclado.
- *Pagar por plástico de un solo uso:* los establecimientos cobrarán un valor no menor al costo unitario o artículo plástico de un solo uso que sea proporcionado al consumidor. Además, los establecimientos o comercios tienen la obligación de consultar si los clientes desean recibir o no productos plásticos.

⁴ Se denominan microplásticos a las piezas de plástico cuyo tamaño es inferior a 5 milímetros.

4.3.3. La segunda vida del plástico: un nuevo modelo productivo.

Actualmente las políticas públicas se centran en el cuidado del medio ambiente, y la población no podía ser la excepción, hoy más que nunca se encuentran hablando de la importancia y el cuidado del medio ambiente y la necesidad por actuar en corto plazo, aunque en esa carrera se encuentren muy atrasados.

El gran problema ecológico no son los plásticos sino el uso postconsumo que se les da, alrededor de 8 millones de toneladas de plástico son vertidos en basureros o llegan a los océanos anualmente, en otras palabras, se vierte al mar un camión basurero lleno de plástico por minuto (Enérgya VM. Grupo Villar Mir, 2019). La ONU estimó que en el 2017 hubo la presencia de hasta 51 mil millones de partículas de microplásticos en el mar (Parlamento Europeo, 2018).

Un aspecto negativo de los plásticos es que pueden tardar hasta cientos de años en degradarse, esto está presionando a los países a replantearse los modelos de consumo y a implementar políticas públicas para darles una segunda vida a los plásticos por medio del reciclaje (Herrero, 2021).

Repsol (REPSOL, s.f.), define la economía circular como un: “modelo de producción y consumo que garantiza el crecimiento sostenible promoviendo la optimización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos, reciclándolos o dándoles una nueva vida para convertirlos en nuevos productos”.

Este modelo productivo gira alrededor de un esquema circular (ver figura 12) donde los materiales que se han recuperado se vuelven a integrar al mismo proceso de producción (Garabiza, Prudente, & Quinde, 2021).

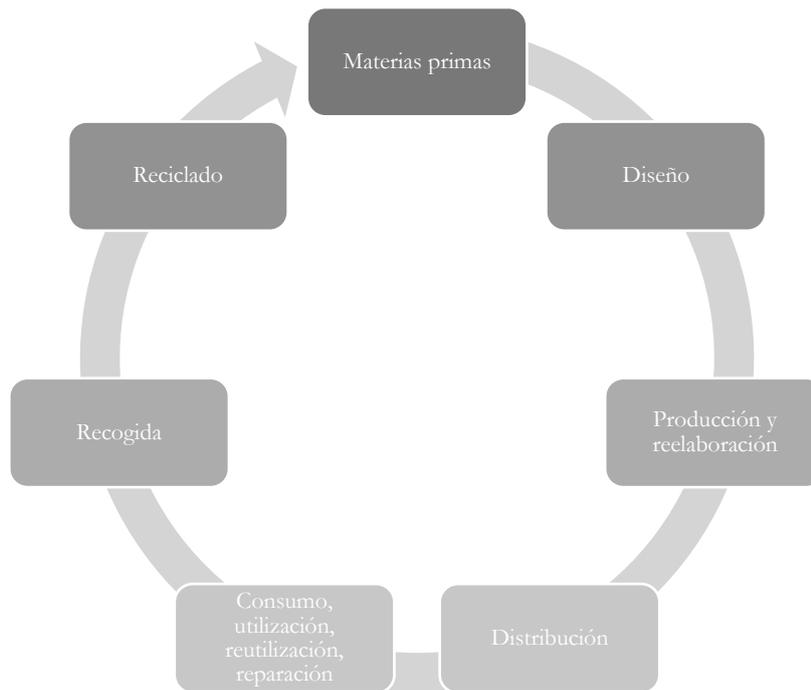


Figura 12: Modelo productivo de la economía circular.

Circle Economy (2020) menciona que de tomarse en cuenta los principios fundamentales de la economía circular, y los niveles de producción de desechos anuales, el mundo solamente logra el 8,6% del modelo circular con tendencia a disminuir debido al aumento de las acciones de extracción y desecho (The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)).

Según el estudio “La Brecha Circular”, Circle Economy revela que Ecuador es uno de los países que destacan entre los que menos han excedido el límite de impacto ambiental per cápita⁵ en la categoría de “países en crecimiento” (The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)). Por otra parte, la plataforma de Producción y Consumo Sostenible de PNUMA y la iniciativa de Ciclo de Vida SCP Hotspot Analysis sostienen que Ecuador tiene que construir o incluso transmutar a un nuevo modelo económico (Ministerio de producción, 2021).

⁵ Este indicador permite conocer la superficie en hectáreas necesarias para la producción de recursos para una persona, actividad o región; así también para procesar los desechos que se generan. El mundo puede amparar a 7.7 mil millones de personas con 1.6 hectáreas globales a disposición. En Ecuador, una persona necesita 1.7 hectáreas. La demanda global del Ecuador es de aproximadamente 2.2 hectáreas globales.

Debido a que la economía circular trata con sistemas dinámicos se asume que cualquier cambio es parte de un proceso transformativo. Circle Economy aconseja sobre la aplicación del modelo DISRUPT que se extiende sobre los principios de la economía circular e incluye información relevante a su implementación, como la importancia de la colaboración y reinventar los modelos de negocio. DISRUPT describe siete estrategias de carácter clave que direccionan hacia el proceso transformador, con el objetivo de moderar y cerrar el flujo de recursos, mientras se cambia a recursos regenerativos que ocupan energía limpia (The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)).

En el “Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador”, se muestran los resultados de la aplicación del modelo DISRUPT de Circle Economy adaptada a la realidad del Ecuador para la transformación de la economía informal, y promover nuevos modelos productivos y consumo. En la tabla 3 se presenta la aplicación del modelo DISRUPT a la realidad del Ecuador.

Tabla 4: Aplicación del modelo DISRUPT a la realidad de Ecuador (The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE)) (Ministerio de producción, 2021).

Estrategia DISRUPT	Definición ajustada al Ecuador	De economía informal al trabajo digno	Fomentar nuevos modelos productivos y consumo
Diseñar para el futuro.	Ocupar una visión sistémica en el diseño de productos y servicios para durar y reciclar.	Aprender prácticas ‘basura cero’ de comunidades indígenas, además de biomímesis reconociendo estos saberes a través de patentes y su fortalecimiento productivo.	Fortalecer capacidades para aplicar ecodiseño y ecoinnovación. Aplicar responsabilidad extendida del productor e importadores.
Incluir digitalización.	Implementar la tecnología para el monitoreo del	Facilitar el intercambio de información por	Mejorar la trazabilidad y transparencia de

	avance, el intercambio de información y mejorar las condiciones de trabajo y vida.	plataformas, bases de datos y sistemas de información.	abastecimiento sostenible, durabilidad, reparabilidad, reciclabilidad y reciclaje efectivo.
Sostener o mantener lo que ya está en uso.	Impulsar el reúso, reparación y re-manufactura.	Fortalecer el trabajo de artesanos y reparadores.	Promover nuevos modelos de empleo y empoderamiento del ciudadano como consumidor.
Repensar modelos de negocio.	Desmaterialización de productos y servitización.	Fomentar modelos de negocio de reúso y mercados de segunda mano.	Digitalizar los servicios desde lo público como ejemplo, y servitización de producto de ciclos técnicos.
Usar los residuos como recursos.	Identificar propiedades para mejorar el reciclaje.	Reconocer el servicio de recolección y ahorro por parte de recicladores base.	Enfocar los parques industriales hacia la simbiosis industrial, aprovechamiento material y energético.
Priorizar recursos regenerativos.	Uso del ecodiseño y biomímesis, reduciendo elementos tóxicos en producción. Regenerar materiales, agua, energía y suelo.	Apoyar el desarrollo de prácticas regenerativas que aseguren la mejora de calidad de vida.	Direccionar esfuerzos de investigación, desarrollo e innovación para biomateriales que puedan comercializarse en ciclos biológicos asegurando la

			recuperación de nutrientes.
Trabajar colaborativamente	Colaborar a lo largo de redes de valor.	Fomentar la colaboración e intercambio de experiencias.	Fortalecer las redes de valor y traslado de propiedad de productos por medio de servitización.

4.4. Lavado y secado de material plástico reciclado.

Los desechos plásticos que provienen de las industrias pueden ser tratados mediante el reciclaje mecánico que resulta en un plástico reutilizable de alta calidad como materia prima. Aunque existan procesos de reciclaje apropiados a cada tipo de material plástico, muchas veces estos residuos suelen terminar en vertederos con el resto de los desechos, esta situación se relaciona a los plásticos domésticos que tienen un alto contenido de contaminantes (restos de comida y productos para la limpieza) que puede llegar a ser absorbidas por la matriz polimérica y perjudicar el producto final reciclado. Los efectos sobre el uso de material plástico contaminado se observan en el producto final con propiedades físico – mecánicas inadecuadas, propiedades organolépticas no deseadas o por presencia de sustancias en el material que no son aplicables en mercados por prohibiciones legales (Verdejo, 2014) (Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI, 2021).

Aunque existen diferentes procesos para la descontaminación, el grupo de investigación de Ingeniería para la Economía Circular (I4EC) de la Universidad de Alicante presenta el procedimiento para la eliminación de contaminantes orgánicos (NIAS⁶) en materiales plásticos que labora a presión atmosférica que emplea un agente extractor no volátil y soluble al agua. (Ver figura 13).

⁶ Son siglas que hacen referencia a las sustancias añadidas no intencionalmente (Non – Intentionally Added Substances).

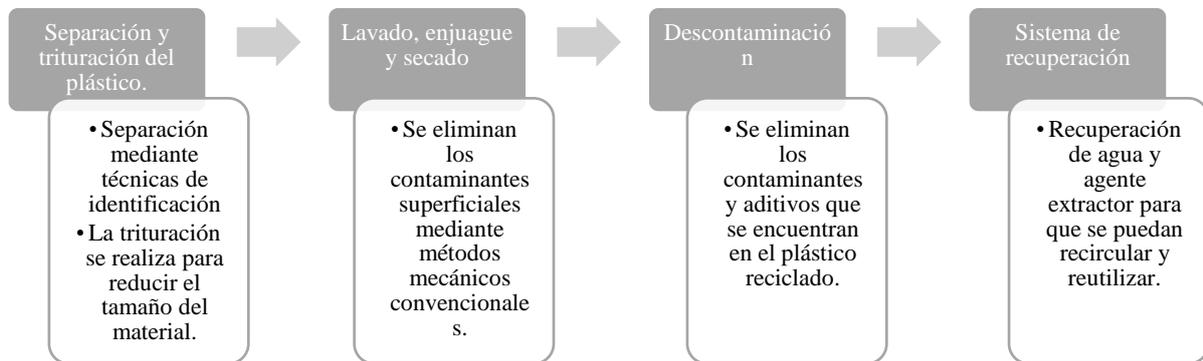


Figura 13: Procedimiento de descontaminación del grupo de investigación I4EC (Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI, 2021).

4.4.1. Lavado de plástico.

Una vez que se realiza el triturado del material, el plástico reciclado es introducido en tinajas, tanques o lavaderos en el que se agregan agentes químicos para retirar los elementos contaminantes de su superficie. Según el tipo de equipo lavador, existen elementos que remueven el agua generando turbulencia de manera que el plástico termine completamente remojado y en el fondo del contenedor sean depositadas las impurezas como tierra, piedras, cartón y cualquier material con densidad mayor a la del agua (La Red, s.f.).

4.4.2. Proceso de lavado de plástico.

4.4.2.1. Proceso de lavado por agitación.

Este proceso de lavado garantiza el desprendimiento continuo a una concentración constante, favorece el manejo de los plásticos secos a partir de una sustancia en la superficie, que para caso de aceites genera una mejor eficiencia.

4.4.2.2. Proceso de lavado por ciclón.

La aplicación de sistemas de lavado por ciclón se incluye en ámbitos de segregación para productos de alta calidad, para circunstancias de trabajo críticas, y donde, por condiciones económicas o técnicas, se impide el uso de filtros de mangas.

Los procesos de lavado por ciclón son muy usados para rescatar productos sensibles como el aceite que se captura directamente, eludiendo la captación de partículas en los filtros y evita la polución por bolsas de los filtros de mangas, la polución cruzada de productos y la degradación por el factor de temperatura (Chica Larios & Rodríguez Maza, 2014).

4.4.2.3. Proceso de lavado por centrifugación.

El proceso por centrifugación es multiproceso debido a que puede lavar, secar y separar varios materiales tanto flexibles como rígidos.

El efecto de centrifugación se fundamenta en la fricción mecánica junto con el uso de agua para garantizar buenos resultados de limpieza sobre el producto. Cuando el material plástico no se encuentra contaminado con partículas adheridas fuertemente a la superficie se puede ocupar la centrifugadora como separador en seco.

4.4.3. Secado de plástico.

El siguiente proceso después del lavado es el centrifugado y posterior el secado. La centrifugación además de cumplir la función de secado eliminará los restos de cualquier contaminante que se encuentre en la superficie del material (La Red, s.f.).

4.4.4. Proceso de secado de plástico.

4.4.4.1. Proceso de secador por combustible.

Este proceso de secado se compone de cuatro partes principales: sistema de calentamiento de aire (quemador), ventilador, distribuidor de aire y cámara de secado.

El sistema de calentamiento ocupa el quemar combustible para aumentar la temperatura del aire dentro de un intercambiador de calor hasta los límites necesarios para ayudar al plástico secarse.

Un ventilador mueve constantemente masas de aire caliente hacia la cámara de distribución de aire que ayuda a convertir la presión dinámica del aire en presión estática permitiendo una distribución uniforme del aire dentro de la cámara de secado (Chica Larios & Rodríguez Maza, 2014).

4.4.4.2. Proceso de secador rotatorio.

El proceso de secado consiste en un tambor girando constantemente al cual se introduce el material plástico y el fluido térmico entre las paredes del tambor a una temperatura entre los 300 a 800°C permitiendo secar el material. El plástico dentro del tambor se mezcla constantemente y con ayuda de cuchillas de distribución regulará el espesor de la capa de plástico. Mientras gira, el fluido térmico a mayor temperatura permite el intercambio de calor a través de las paredes metálicas del tambor haciendo evaporar el agua sobre la superficie del plástico. Finalmente, el material que está seco se desprende del tambor con ayudar de cuchillas (Chica Larios & Rodríguez Maza, 2014).

4.4.4.3. Proceso de secador solar.

Este proceso depende directamente de las condiciones climáticas y disposición del sol. Está constituido por una estructura metálica cubierta y en la parte superior cuenta con una cubierta de vidrio. El interior se encuentra cubierto por pintura negro mate que ayuda a captar la radiación solar y la transfiere a la cámara de secado. El material plástico se coloca sobre una malla metálica para su secado. Con ayuda de ventiladores se produce un flujo de aire constante para lograr que el plástico se seque uniformemente.

4.4.4.4. Proceso de secador por resistencias eléctricas.

El funcionamiento es parecido al proceso de secado por combustible. El proceso con resistencias eléctricas utiliza fuentes de energía eléctrica que calientan el aire y con ayuda de ventiladores forzan el movimiento constante del aire caliente hacia la cámara de distribución de aire que ayuda a convertir la presión dinámica del aire en presión estática permitiendo una distribución uniforme del aire dentro de la cámara de secado (Chica Larios & Rodríguez Maza, 2014).

4.5. Metodología y herramientas de diseño.

A continuación, se presenta el análisis de la propuesta metodológica para el desarrollo del equipo de lavado y secado de plástico reciclado, además de las herramientas de diseño y análisis:

Identificar las necesidades: hace referencia a la identificación de las necesidades que demanda el diseño de un equipo de lavado y secado para Kaliflex. Este planteamiento es breve y sin detalle.

Investigación: se desarrolla una investigación profunda con el fin de recopilar la información suficiente sobre el tema. Se analiza si las necesidades no han sido solventadas hasta el momento dentro del mercado. Se toma mucho en cuenta la documentación que se encuentre asociada a productos o tecnologías parecidas.

Concepto de diseño: esta es considerada una de las fases más delicada y de gran importancia porque se plantean las posibles soluciones para el diseño del producto final.

Se analizan los conceptos de operatividad del equipo de lavado y secado, opciones de diseño, identificación de posibles inconvenientes de fabricación, mantenimiento o funcionamiento, estructura, componentes. Se garantiza calidad.

Una de las herramientas que se emplean para el desarrollo de productos es el “despliegue de la función calidad” (también es conocido como Matriz QFD o casa de la calidad). Es fundamental que para aplicar esta metodología se conozca de primera mano las necesidades y requerimientos en voz de operadores de Kaliflex. Se realiza una interpretación técnica en búsqueda de posibles soluciones al usuario.

Diseño preliminar: en esta etapa se materializa el diseño conceptual en su forma específica, materiales y elementos necesarios, tiempos y velocidades de proceso, planos de conjuntos del equipo de lavado y secado.

Diseño de detalle: se desarrolla en relación al diseño de subsistemas y componentes que integran el equipo. Comprende el ensamble de todos sus elementos.

Informe final: reúne toda la documentación generada hasta el diseño final. Esta información procesada se presenta de forma ordenada.

Software de diseño y simulación: se utiliza el programa SolidWorks de Dassault Systèmes como software para el diseño, modelado y la simulación para el análisis estructural del equipo de lavado y secado de plástico.

5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

El estudio de alternativas permitirá identificar las posibles soluciones al problema abordado en el proyecto con el diseño de la máquina de lavado y secado de plástico reciclado.

5.1. Determinación de las especificaciones de la máquina.

El equipo de lavado y secado de plástico debe cumplir con las especificaciones y requerimientos de Kaliflex. Para asegurarnos que el equipo cumpla con los requerimientos de la empresa, se usa la herramienta “despliegue de la función de calidad”⁷ que ayudará a desarrollar las posibles soluciones.

Los requisitos principales para el equipo de lavado y secado de plástico deben contar con las siguientes características:

- Larga vida útil.
- Completa limpieza del material plástico.
- Capacidad de proceso.
- Tambor de operación múltiple (lavado y secado).
- Secado de material eficiente
- Fácil mantenimiento.
- Sencilla operación.
- Bajo consumo de recursos (agua, electricidad).
- Costo de fabricación.
- Fácil limpieza.
- Seguro de operar.

⁷ También es conocida como “*La Casa de la Calidad*”. Esta metodología permite el desarrollo de despliegue de la función de calidad asegurando el correcto desarrollo en la creación de productos y servicios que se adaptan a los requerimientos del usuario (Digital Guide IONOS, 2020)

Una vez analizados los requerimientos mencionados por Kaliflex, se realiza una descripción técnica obteniendo las siguientes características:

- Volumen de productividad (50kg/h).
- Control de temperatura y humedad.
- Operación mixta del equipo.
- Reemplazo de elementos.
- Operación automática del equipo.
- Optimo consumo de recursos.
- Lavado y secado uniforme.
- Accesible al interior del equipo.
- Durabilidad.
- Componentes de seguridad.

A continuación, se detalla los datos técnicos y equipos investigados de diferentes fabricantes:

Tabla 5: Ficha técnica fabricante 1 – REMATE.

	FABRICANTE 1	Ficha: 1
Datos técnicos – partes principales		
Año: 2017	Marca: REMATE	Procedencia: Jiangsu, China
	DATOS TÉCNICOS	
	Tipo:	Secador de plástico
	CARACTERÍSTICAS GENERALES	
	Motor: trifásico	Dimensiones:
	Potencia: 37 KW	Largo: 1,7 m
Frecuencia: 60 Hz	Alto: 1,5 m	
Voltaje: 380 V	Ancho: 1,7 m	
Velocidad: 1800 RPM		
Amperaje: 5,19 – 8,96 A		
Cos Ø: 0,76		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
Descripción:	Parámetros:	
Capacidad de secado	300 kg	
Tiempo de secado	1 horas	
Tipo de plástico	PP/PE, PET	
Componentes	PLC, Rodamiento, Caja de engranajes, Motor	
Grado Automático	Automático	
Material aplicable	Escamas de Pet	
Estructura	Acero estructural A500	
Material del cilindro	Acero inoxidable	
Puesta en marcha	ON/OFF	
Sistema de transmisión	Poleas	
Tipo de transmisión	Bandas (trapezoidal)	

Tabla 6: Ficha técnica fabricante 2 – KOOEN.

		FABRICANTE 2	Ficha: 2
		Datos técnicos – partes principales	
Año: 2019	Marca: KOOEN	Procedencia: Jiangsu, China	
		DATOS TÉCNICOS	
		Tipo:	Lavadora de plástico
		CARACTERÍSTICAS GENERALES	
		Motor: trifásico	Dimensiones:
Potencia: 40 KW	Largo:		
1.40 m	Alto: 1,10 m		
Frecuencia: 50 Hz	Ancho:		
2,45 m			
Voltaje: 380 V			
2,45 m			
Velocidad: 1200-1500 RPM			
Amperaje: 5,19 – 8,96 A			
Cos Ø: 0,76			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES			
Descripción:		Parámetros:	
Capacidad de secado		3800 kg	
Tempo de secado		1 horas	
Tipo de plástico		PP/PE,	
Componentes		PLC, Rodamiento, Motor, Equipo	
Grado Automático		Automático	
Material aplicable		Copos de plástico	
Estructura		Acero estructural A500	
Material del cilindro		Acero inoxidable	
Puesta en marcha		ON/OFF	
Sistema de transmisión		Poleas	
Tipo de transmisión		Bandas (trapezoidal)	

Tabla 7: Ficha técnica fabricante 3 – LIANDING.

FABRICANTE 3		Ficha: 3
Datos técnicos – partes principales		
Año: 2019	Marca: LIANDING	Procedencia: Jiangsu, China
	DATOS TÉCNICOS	
	Tipo:	Lavadora de plástico
	CARACTERÍSTICAS GENERALES	
	Motor: trifásico	Dimensiones:
Potencia: 30 KW	Largo:	
2.30 m	Alto: 2,20 m	
Frecuencia: 60 Hz	Ancho:	
Voltaje: 380 V	1,15 m	
Velocidad: 1200 RPM		
Amperaje: 5,19 – 8,96 A		
Cos Ø: 0,76		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
Descripción	Parámetros	
Capacidad de secado	800 kg	
Tempo de secado	1 horas	
Tipo de plástico	PP/PE,	
Componentes	PLC, Rodamiento, Caja de engranajes, Motor	
Grado Automático	Automático	
Material aplicable	Copos de plásticos	
Estructura	Acero estructural A500	
Material del cilindro	Acero inoxidable	
Puesta en marcha	ON/OFF	
Sistema de transmisión	Poleas	
Tipo de transmisión	Bandas (trapezoidal)	

Mediante una la evaluación realizada en la matriz QFD, se obtienen los siguientes criterios más representativos para el equipo de lavado y secado:

- Durable.
- Capacidad de operación 50Kg.
- Operación del equipo mixta.
- Automática.
- Disminución del consumo de agua.
- Componentes de seguridad.

En el anexo A, se muestra el desarrollo del despliegue de la función de calidad del equipo de lavado y secado de plástico.

5.2. Especificaciones técnicas.

El desglose de la matriz QFD determinará las especificaciones técnicas de la maquina lavadora y secado de plástico.

Tabla 8: Especificaciones técnicas de la máquina.

Cliente:	KALIFLEX.	Fecha de inicio:	6/3/2022
Diseñadores:	Carrión A. - Pontón B.	Ultima revisión:	10/3/2022
Producto:	Máquina de lavado y secado de plástico reciclado.		
Especificaciones			
Criterio	Propone	R/D	Detalle
Función	D	R	Velocidad para el lavado y secado del polipropileno PP.
Materiales	D	R	Acero inoxidable AISI 316, acero inoxidable A36.
Construcción y montaje	D	R	Capacidad de 50Kg/h.
	C	D	Uniones de varias partes mediante pernos.
Vida útil y mantenimiento	D	D	Tiempo de operación: 10 años; fiabilidad 100%.
	C	R	De fácil mantenimiento y limpieza.
Energía	C	R	Energía eléctrica 220V.
Dimensiones	C	R	Largo: 2m; ancho: 1m; alto: 1,20m.

Señales y control	D	R	Sensor de temperatura RTD, termopar, termistores.
	D	R	PLC.
Seguridad y ergonomía	C	R	Elementos rotativos no expuestos y señalizados.
	D	R	Uso de componentes de control y seguridad.
Propone: C = Cliente, D = Diseño. R/D: R = Requerimiento, D = Deseo.			

5.3. Análisis funcional.

Desarrollar el método de análisis funcional permite identificar las funciones principales y secundarias de la máquina de lavado y secado de material plástico reciclado.

Se identifican como funciones principales a aquellas por las cuales Kaliflex requiere el producto, este caso en particular es el material plástico lavado y secado listo para el proceso de inyección. Las funciones secundarias se identifican como aquellas que permiten que las funciones principales se ejecuten de manera correcta.

La representación de las funciones del equipo de lavado y secado se lleva a cabo mediante diagramas de flujo. Los diagramas se presentan en diferentes niveles, desde el nivel cero o de función global.

A continuación, se muestra el diagrama funcional de nivel 1 (Figura 15):

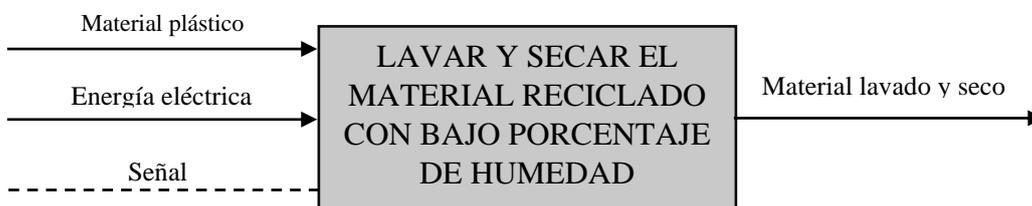


Figura 14: Función de la máquina.

En el nivel 2, son indicadas las funciones necesarias para la correcta operación del equipo de lavado y secado, de esta manera se cumpliría con el nivel 1 (Figura 16).

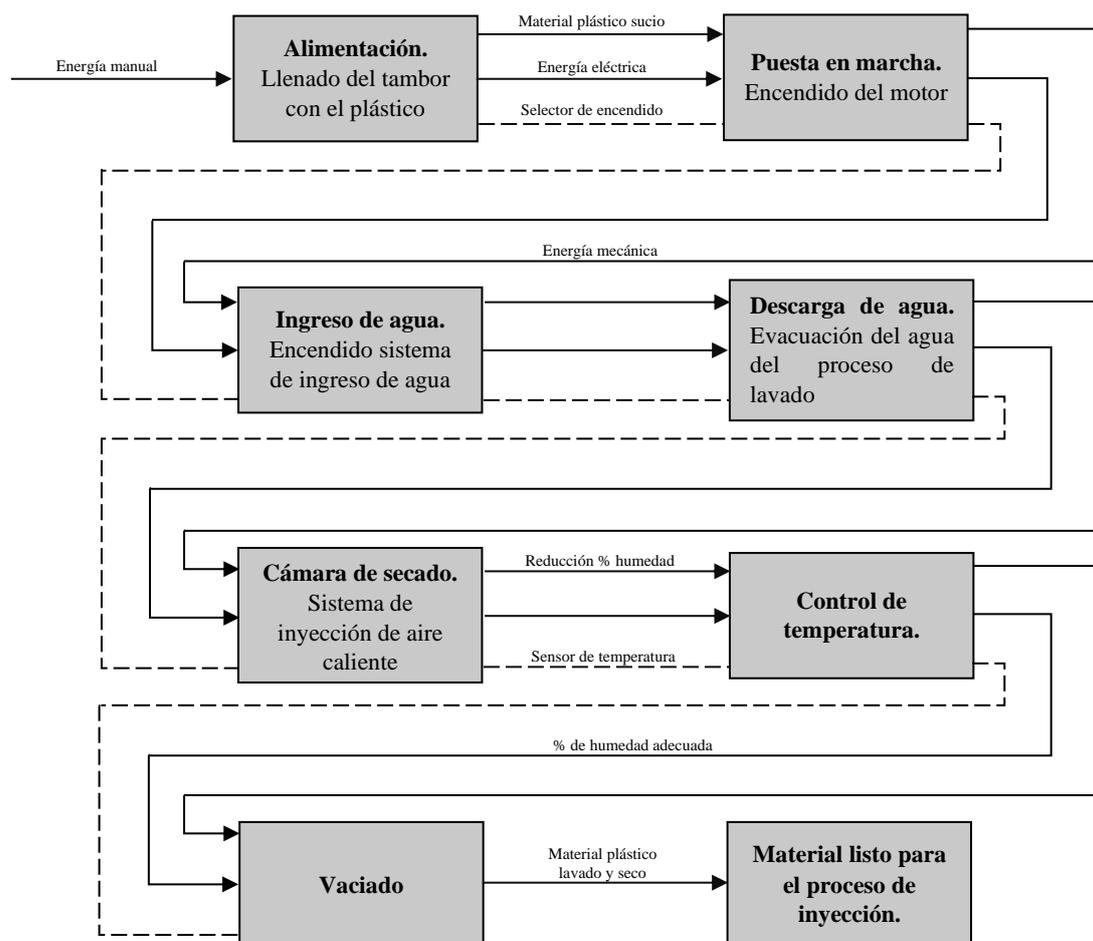


Figura 15: Diagrama de funciones secundaria del equipo.

En el nivel 3, se añadió un módulo previo a la puesta en marcha que se encargará del encendido general del equipo, también se agregó la etapa de control de velocidad del sistema mecánico del lavado y secado del plástico.

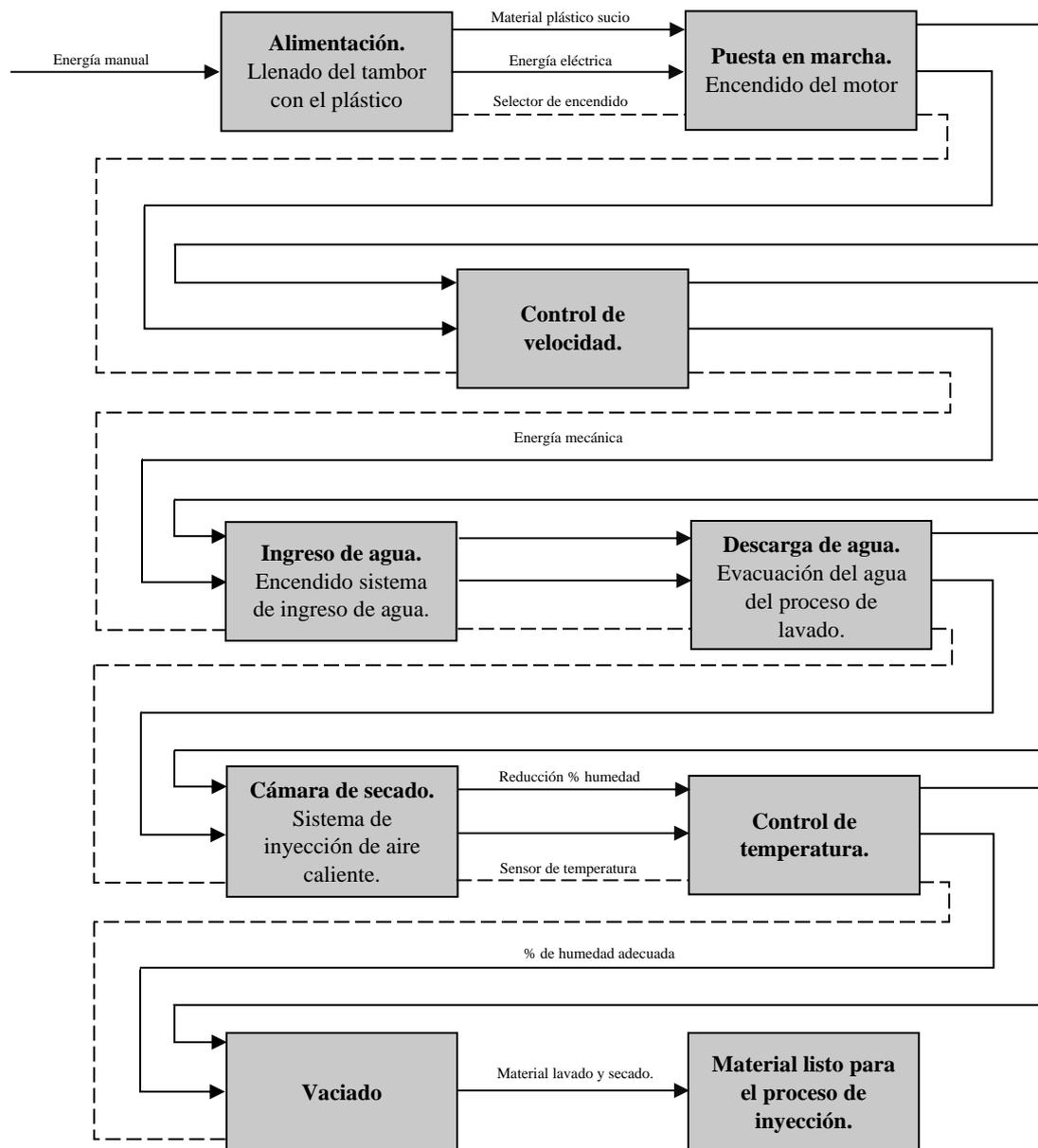


Figura 16: Diagrama de funciones secundaria de todo el equipo.

En el nivel 3, especificamos el funcionamiento completo del proceso de lavado y secado, para posterior a eso plantear las posibles soluciones de cada etapa.

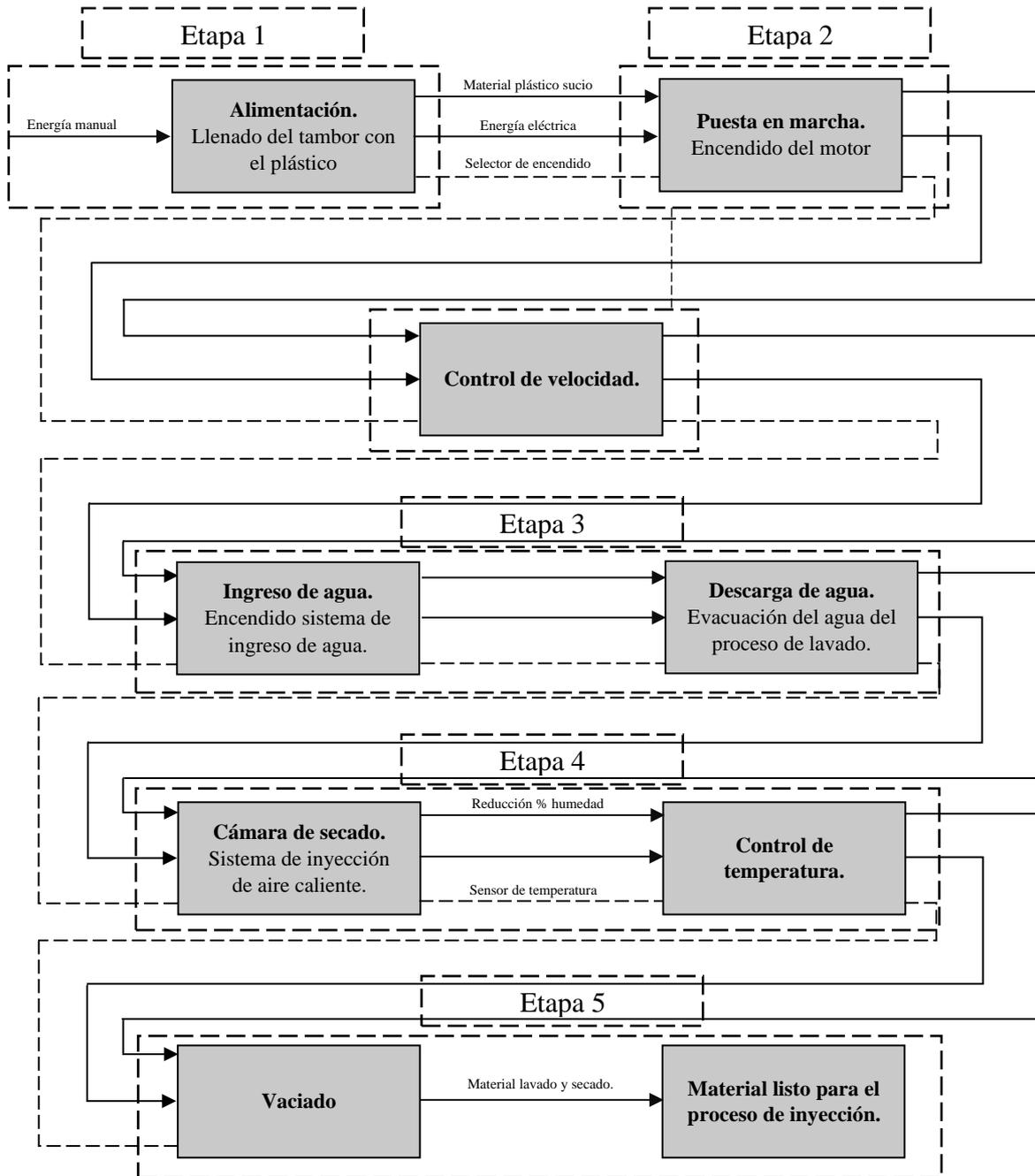


Figura 17: División por etapas del equipo de lavado.

Se desarrollan cinco etapas para el diseño de la máquina, desde el ingreso del material hasta el almacenamiento, de esta manera se obtiene un proceso adecuado para el lavado y secado del plástico,

A continuación, se detallan las alternativas de solución para cada etapa:

Etapas 1: Alimentación.

Alimentación manual: Consiste en verter el material plástico en el tambor por el personal con ayuda de una cubeta.



Figura 18: Alimentación manual (KANTATI, s.f.).

Ventajas:

- Económico.

Desventaja:

- Uso de personal para la alimentación del material.
- Poco ergonómico.

Alimentación Automática: La alimentación del tambor puede ser realizada por un tornillo transportador con descarga directa en el tambor.



Figura 19: Alimentación automática (Novomak, s.f.).

Ventajas:

- Seguridad en descarga del plástico en el tambor.

Desventajas:

- Elevado costo de adquisición.
- Su uso no será continuo.

Etapa 2: Puesta en marcha.

En esta etapa, se vierte el plástico sucio para el lavado y secado del mismo. Este proceso se realiza en un tambor móvil o en un tambor fijo con aspas.

Tambor móvil: Consiste en hacer girar el tambor para lograr una pequeña turbulencia, la cual mezcla el agua con el aditivo detergente para lograr el lavado del plástico.



Figura 20: Tambor móvil (Shaikh, 2022).

Ventajas:

- Tiene menor número de piezas, por ende, su costo de fabricación es bajo.

Desventajas:

- Mayor consumo de agua.
- Difícil evacuación del material.
- Mayor tiempo de lavado.

Tambor fijo con aspas: El lavado se realiza con la ayuda de dos aspas giratorias en el interior de un tambor fijo. Las aspas se encargan de mezclar el agua con el aditivo detergente y debido a la velocidad de giro, golpean a plástico desprendiendo las partículas sólidas en la superficie del material.



Figura 21: Tambor fijo con aspas. (Pregunta, 2020)

Ventajas:

- Menor tiempo de lavado.
- Bajo consumo de agua.
- Fácil evacuación del material.

Desventajas:

- Trabaja con altas revoluciones.
- Requiere una estructura reforzada, por ende, aumenta el costo de fabricación.

Etapa 2: Control de velocidad.

Para el control de velocidad se ha optado por dos posibles soluciones, mediante motorreductor o transmisión por bandas.

Motorreductor: Este sistema tiene un motor acoplado directamente con la finalidad de reducir la velocidad de salida.



Figura 22: Motorreductor (ADAJUSA, s.f.).

Ventajas:

- Reduce la velocidad de forma segura y eficiente.
- Mayor seguridad en la transmisión.

- Ocupa menor espacio.

Desventajas:

- Costo elevado.
- Equipo relativamente pesado en comparación con la transmisión por banda.
- Requiere de mayor atención en el mantenimiento.

Transmisión por bandas: Este sistema transmite movimiento mediante poleas.

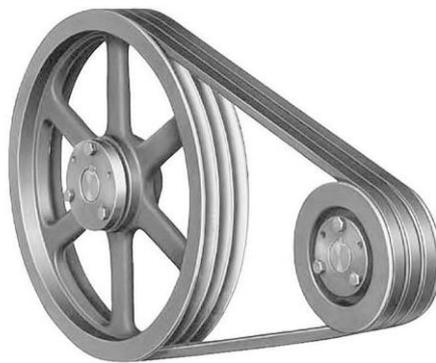


Figura 23: Transmisión por bandas (BRR, s.f.).

Ventajas:

- Bajo nivel de ruido.
- Poca vibración.
- Económico.

Desventajas:

- Se desgastan con facilidad.

Etapa 3: Alimentación de agua

Esta etapa cumple con la función de permitir el ingreso de agua necesaria para el lavado. Puede ser mediante el ingreso directo del agua o agua a presión.

Ingreso de agua directo: El ingreso de agua hacia el tambor se realiza sin la intervención de un sistema de bombeo o a presión.



Figura 24: Ingreso de agua directo (Villalba Aguilera, 2017).

Ventajas:

- Bajo costo de implementación.

Desventajas.

- Mayor consumo de agua.

Ingreso de agua a presión: Esto se logra implementando un sistema de bombeo de agua y colocando boquillas de aspersión para una mejor distribución del rocío de agua.



Figura 25: Ingreso de agua a presión (H. IKEUCHI & CO., LTD., s.f.).

Ventajas:

- Bajo consumo de agua.
- Desprenden rápidamente las partículas contaminantes de la superficie del material.

Desventajas:

- Requiere de una revisión continua de las boquillas de aspersión.

Etapa 3: Descarga de agua.

Consiste en evacuar el agua utilizada en el proceso de lavado en el tambor. Esta función se la puede realizar mediante evacuación directa o evacuación automática por medio de electroválvula solenoide.

Descarga de agua directa: El agua saldrá de manera directa, es decir, no cuenta con válvula para la descarga.



Figura 26: Evacuación directa (Pregunta, 2020).

Ventajas:

- Bajo costo de implementación.
- No depende de externos para realizar su apertura.

Descarga de agua automática (electroválvula): Esta válvula se abre y cierra mediante una señal eléctrica permitiendo evacuar el agua automáticamente.



Figura 27: Electroválvula para la descarga automática (U.S. Solid, s.f.).

Ventajas:

- No requiere de personal para realizar la descarga.

Desventajas:

- Costo de adquisición.

Etapa 4: Cámara de secado.

Este sistema concentrará el aire caliente en el tambor para, mediante transferencia de calor, secar el material plástico. Puede tener un sistema de ingreso radial o tangencial.

Sistema radial: Este sistema permite tener un secado uniforme al distribuir el flujo de aire de manera homogénea.

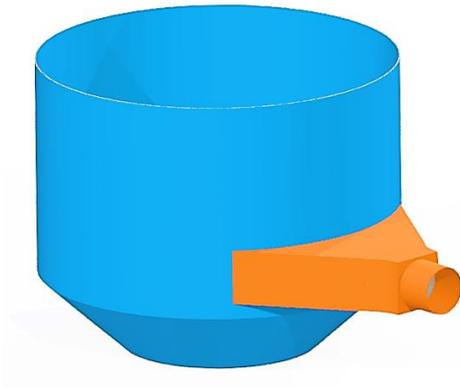


Figura 28: Sistema radial.

Ventajas:

- Distribución uniforme del aire en el interior del tambor.
- Mayormente utilizado para el secado de plástico.

Sistema tangencial: El ingreso del aire se realiza en la dirección de la estructura portica.

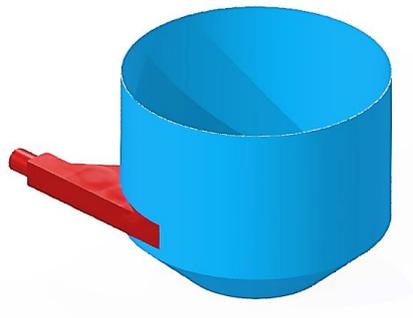


Figura 29: Sistema tangencial.

Desventajas:

- Distribución de aire no es uniforme.

Etapas 4: Control de temperatura.

Se encargará de censar la temperatura del plástico en el interior del tambor de secado, para ello evaluaremos los sensores RTD y termopar.

Sensor RTD: Este sensor de temperatura permite una medición precisa.



Figura 30: Sensor RTD (Naylamp Mechatronics, s.f.).

Ventajas:

- Estabilidad en periodos largo.
- Rango de temperatura -200 a 850 °C.

Desventaja:

- Alto en costo.

Sensor termopar: Este tipo de sensor es muy utilizado ya que su velocidad de respuesta es muy rápida.



Figura 31: Sensor Termopar (Geek Factory, s.f.).

Ventajas:

- Económicas.
- Rango de temperatura -200 a 2000 °C.

Desventajas:

- No son muy precisas.

Etapa 4: Control de humedad.

Este sistema se encarga de censar la humedad del plástico dentro del tambor de secado, para ello se evalúa los sensores de humedad capacitivo y resistivo.

Sensor de humedad capacitivo: Este sensor puede captar un amplio rango de humedad relativa.



Figura 32: Sensor de humedad capacitivo (Sensovant, s.f.).

Ventajas:

- Voltaje de salida casi lineal.
- Proporciona resultados estables.

Sensor de humedad resistivo: Mide la variación de impedancia eléctrica en un medio higroscópico.

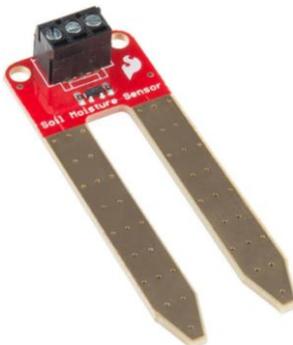


Figura 33: Sensor de humedad resistivo (Sparkfun Electronics, s.f.).

Ventajas:

- Bajo costo.
- Cuenta con estándares de calibración.

Desventajas:

- Es muy sensible a vapores químico y otros contaminantes.

Etapa 5: Vaciado.

Esta es la etapa final del proceso de lavado y secado. Consiste en descargar el material plástico luego de pasar por el ciclo de lavado y secado, se puede realizar de manera manual o automática.

Vaciado manual: Se requiere de la presencia del operador para realizar la apertura manual de la puerta del tambor para la salida del material pastico limpio.



Figura 34: Vaciado manual (Heros, s.f.).

Ventajas:

- Bajo costo.

Desventajas:

- Uso de personal para realizar la operación.

Vaciado automático. Es un proceso rápido y no requiere de la intervención de personal.



Figura 35: Vaciado automático (Importadora Lopez, s.f.).

Ventajas:

- No requiere la intervención de personal.

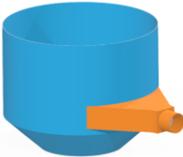
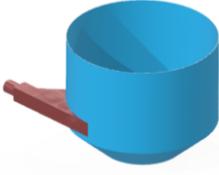
5.4. Alternativas.

Con ayuda de las diferentes alternativas que analizamos en cada etapa, obtendremos 3 alternativas de solución para el diseño de la máquina, las cuales mostraremos en la siguiente tabla.

Tabla 9: Matriz morfológica de soluciones.

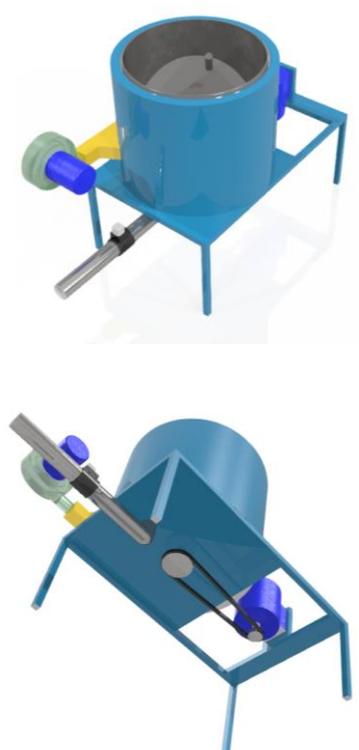
Etapas	Alternativas		Descripción
Etapa 1: Alimentación	Alimentación manual	Alimentación automática	Se espera un sistema de alimentación adecuado y cómodo para el personal de la empresa según su producción
			
	Tambó móvil	Tambor fijo	

<p>Etapa 2: Puesta en marcha</p>			<p>El tambor y sus componentes tienen como objetivo generar las condiciones adecuadas para producir la mezcla del plástico, agua y el detergente para un correcto lavado.</p>
<p>Etapa 2: Control de velocidad</p>	<p>Motorreductor</p> 	<p>Transmisión por bandas</p> 	<p>El control de la velocidad de giro debe garantizar que sea la adecuada para remover las impurezas sobre la superficie de plástico, reduciendo las vibraciones y ruidos.</p>
<p>Etapa 3: Ingreso de agua</p>	<p>Ingreso de agua directo</p> 	<p>Ingreso de agua a presión</p> 	<p>El ingreso de agua busca disminuir el consumo excesivo de agua.</p>
<p>Etapa 3: Descarga de agua</p>	<p>Evacuación directa</p> 	<p>Evacuación automática</p> 	<p>Busca facilitar y disminuir la actividad del personal sobre las operaciones del equipo de lavado en el proceso de evacuación del plástico.</p>
	<p>Sistema radial</p>	<p>Sistema tangencial</p>	<p>En la cámara de secado se espera</p>

<p>Etapa 4: Cámara de secado</p>			<p>tener el sistema más adecuado de distribución del aire caliente para un secado homogéneo.</p>
<p>Etapa 4: Control de temperatura</p>	<p>Sensor RTD</p>	<p>Sensor termopar</p>	<p>Permitirá detener la actividad de secado o ajustar la temperatura, requiere de elementos que censen la temperatura en el tambor</p>
			
<p>Etapa 4: Control de humedad</p>	<p>Sensor de humedad capacitivo</p>	<p>Sensor de humedad relativo</p>	<p>Brindan información sobre la condición de humedad del plástico en el proceso de secado.</p>
			
<p>Etapa 5: Vaciado</p>	<p>Vaciado manual</p>	<p>Vaciado automático</p>	<p>Una vez el ciclo de lavado y secado haya concluido, debe evacuarse el tambor para el ingreso de la siguiente carga.</p>
			
<p>Soluciones</p>	<p>Alternativa 1</p>	<p>Alternativa 2</p>	<p>Alternativa 3</p>

A continuación, se presentan los bocetos de las alternativas de un equipo de lavado y secado de plástico:

Tabla 10: Diseño de la alternativa 1.

Alternativa 1.		Alternativa 2.		Alternativa 3.	
Boceto	Componentes	Boceto	Componentes	Boceto	Componentes
	- Alimentación manual.		- Alimentación automática.		- Alimentación manual.
	- Tambor fijo.		- Tambor fijo.		- Tambor móvil.
	- Transmisión por bandas.		- Motorreductor		- Transmisión por bandas.
	- Ingreso de agua a presión.		- Ingreso de agua directo.		- Ingreso de agua directo.
	- Evacuación directa.		- Evacuación automática.		- Evacuación automática.
	- Sistema radial.		- Sistema radial.		- Sistema tangencial.
	- Sensor termopar.		- Sensor termopar.		- Sensor RTD.
	- Sensor de humedad capacitivo.		- Sensor de humedad resistivo.		- Sensor de humedad capacitivo.
- Vaciado automático.	- Vaciado automático.	- Vaciado manual.			

5.5. Evaluación de soluciones.

Para continuar con el proceso de diseño del equipo de lavado y secado de plástico se debe realizar una evaluación de las posibles soluciones. El objetivo es evaluar la factibilidad de los múltiples resultados a considerar frente a una cuestión en particular (Agro, sf). La evaluación de alternativas permitirá tomar decisiones más acertadas sobre el diseño.

Para realizar la evaluación se considera lo siguiente:

Alternativas: se debe tener mínimo dos propuestas de alternativas con características diferentes para poder realizar una selección.

Criterios: los criterios más representativos se establecen con ayuda de la herramienta matriz QFD.

Debido que para soluciones ingenieriles intervienen varios aspectos a considerar en forma global, Riba Romeva (2002) en el texto “*Diseño concurrente*” recomienda el uso del método ordinal corregido de criterios ponderados indicando que “sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos”

Este método se basa en el desarrollo de tablas en las que todos los criterios son evaluados asignándoles valores de la siguiente manera:

Tabla 11: Condición de valoración para criterios (Riba Romeva, 2002).

Valoración	Condición
1	Si el criterio de filas es $>$ que las columnas.
0,5	Si el criterio de filas es $=$ que las columnas.
0	Si el criterio de filas es $<$ que las columnas.

5.6. Criterios de valoración de etapas.

A continuación, se enlistan los criterios más representativos obtenidos de la matriz QFD:

- *Volumen de productividad (50Kg/h).* Para el dimensionamiento del equipo de lavado y secado, se debe conocer el volumen de producción.
- *Control de variables (temperatura y humedad).* Permitirá conocer el estado del material plástico, ayudando a no perder sus propiedades físicas y químicas, a su vez garantizará un correcto secado.
- *Operación mixta del equipo.* Es primordial que el proceso de lavado y secado sea realizado en un solo tambor.
- *Reemplazo de elementos.* Importante el uso de partes y elementos de marcas reconocidas y comerciales fáciles de encontrar en el mercado.
- *Operación automática del equipo.* Debido a que se requiere que el material plástico no contenga mayor humedad de la permitida, la operación de lavado y secado se realizará automáticamente una vez que el material ingresa por la tolva y se da marcha al proceso.
- *Optimo consumo de recursos.* Criterio que se tomará en cuenta para limitar el consumo de recursos como el agua y la electricidad.
- *Lavado y secado uniforme.* Es importante debido a que el material debe estar seco y libre de impurezas antes de ser inyectado.
- *Accesible al interior del equipo.* El diseño del equipo debe permitir su acceso para realizar limpieza o mantenimiento al interior del tambor.
- *Durabilidad.* Sobre todo, el tambor de lavado y secado deben ser de materiales resistentes a agentes químicos y corrosión.
- *Componentes de seguridad.* Altamente importantes para resguardar la seguridad e integridad del operador.

A continuación, se desarrolla la evaluación del peso específico de cada criterio:

Tabla 12: Evaluación del peso específico de cada criterio (Riba Romeva, 2002).

VP=Volumen de producción > CV=Control de variables > OME=Operación mixta del equipo > RE=Reemplazo de elementos > OAE=Operación automática del equipo > LSU=Lavado y secado uniforme > AIE=Accesible al interior del equipo > D=Durabilidad > CS=Componentes de seguridad.											
Criterio	VP	CV	OM E	RE	OAE	LSU	AIE	D	CS	$\Sigma + 1$	Pond.
Volumen de productivid d		0,5	1	0	0,5	1	0	0	0,5	4,5	3/31
Control de variables	0,5		0,5	0	0,5	0,5	0	0	0,5	3,5	7/93
Operación mixta del equipo	0	0,5		0	0,5	1	0	0,5	0	3,5	7/93
Reemplazo de elementos	1	1	1		1	1	0,5	0,5	0,5	7,5	5/31
Operación automática del equipo	0,5	0,5	0,5	0		0,5	0	0	0	3	2/31
Lavado y secado uniforme	0,5	0,5	0,5	0	0,5		0,5	0,5	0,5	4,5	3/31
Accesible al interior del equipo	1	1	1	0,5	1	1		0,5	0,5	7,5	5/31
Durabilidad	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5		0,5	7	14/93
Componentes de seguridad	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		5,5	11/93
Suma										46,5	1

Se realizan las evaluaciones de los criterios de las alternativas.

La alternativa 1 representa un equipo de lavado y secado de alimentación manual con sistema de distribución de aire caliente tangencial.

La alternativa 2 representa un equipo de lavado y secado de alimentación automática con sistema de distribución de aire caliente radial.

La alternativa 3 representa un equipo de lavado y secado de alimentación manual con sistema de distribución de aire caliente radial.

Tabla 13: Evaluación de alternativas sobre el volumen de productividad (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Volumen de productividad.					
Volumen de productividad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	1/2
Alternativa 2	0		1	2	1/3
Alternativa 3	0	0		1	1/6
			Suma	6	1

Tabla 14: Evaluación de alternativas sobre el control de variables (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Control de variables.					
Control de variables	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	1/3
Alternativa 2	1		1	3	1/2
Alternativa 3	0	0		1	1/6
			Suma	6	1

Tabla 15: Evaluación de alternativas sobre operación mixta del equipo (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Operación mixta del equipo.					
Operación mixta del equipo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	1/3
Alternativa 2	0,5		0,5	2	1/3
Alternativa 3	0,5	0,5		2	1/3
			Suma	6	1

Tabla 16: Evaluación de alternativas sobre el reemplazo de elementos (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Reemplazo de elementos.					
Reemplazo de elementos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	2/5
Alternativa 2	0		0,5	1,5	3/10
Alternativa 3	0	0,5		1,5	3/10
			Suma	5	1

Tabla 17: Evaluación de alternativas sobre la operación automática del equipo (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Operación automática del equipo.					
Operación automática del equipo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	6/11
Alternativa 2	0		0	1	2/11
Alternativa 3	0	0,5		1,5	3/11
			Suma	5,5	1

Tabla 18: Evaluación de alternativas sobre el lavado y secado uniforme (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Lavado y secado uniforme.					
Operación automática del equipo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	5/12
Alternativa 2	0,5		1	2,5	5/12
Alternativa 3	0	0		1	1/6
			Suma	6	1

Tabla 19: Evaluación de alternativas sobre la accesibilidad al interior del equipo (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Accesible al interior del equipo.					
Accesible al interior del equipo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	1/6
Alternativa 2	1		0,5	2,5	5/12
Alternativa 3	1	0		2,5	5/12
			Suma	6	1

Tabla 20: Evaluación de alternativas sobre la durabilidad (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Durabilidad.					
Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	1/3
Alternativa 2	0,5		0,5	2	1/3
Alternativa 3	0,5	0,5		2	1/3
			Suma	6	1

Tabla 21: Evaluación de alternativas sobre los componentes de seguridad (Riba Romeva, 2002).

Evaluación de alternativas: Componentes de seguridad.					
Componentes de seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	1/3
Alternativa 2	0,5		0,5	2	1/3
Alternativa 3	0,5	0,5		2	1/3
			Suma	6	1

La siguiente tabla muestra las conclusiones respecto a la evaluación de los criterios de las alternativas:

Tabla 22: Conclusión del análisis de criterios de las alternativas (Riba Romeva, 2002).

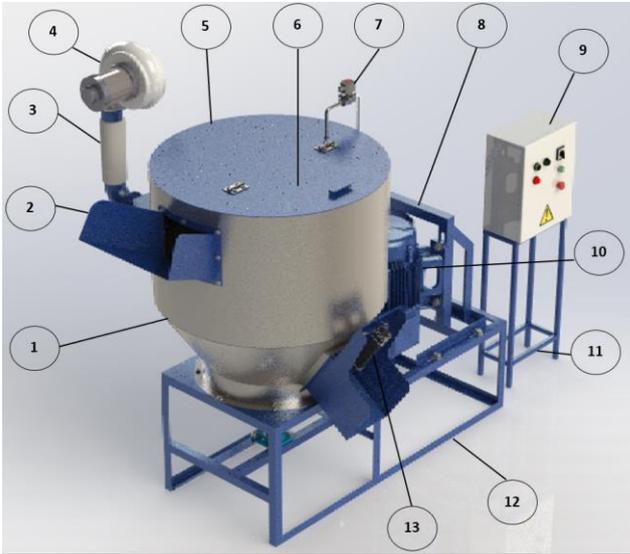
VP=Volumen de producción - CV=Control de variables - OME=Operación mixta del equipo - RE=Reemplazo de elementos - OAE=Operación automática del equipo - LSU=Lavado y secado uniforme - AIE=Accesible al interior del equipo - D=Durabilidad - CS=Componentes de seguridad.										
Conclusión	VP	CV	OME	RE	OAE	LSU	AIE	D	CS	Σ
Alternativa 1	1/2 * 3/31	1/3 * 7/93	1/3 * 7/93	2/5 * 2/31	6/11 * 2/31	5/12 * 3/31	1/6 * 5/31	1/3 * 14/93	1/3 * 11/93	0,699
Alternativa 2	1/3 * 3/31	1/2 * 7/93	1/3 * 7/93	3/10 * 2/31	2/11 * 2/31	5/12 * 3/31	5/12 * 5/31	1/3 * 14/93	1/3 * 11/93	0,323
Alternativa 3	1/6 * 3/31	1/6 * 7/93	1/3 * 7/93	3/10 * 2/31	3/11 * 2/31	1/6 * 3/31	5/12* 5/31	1/3 * 14/93	1/3 * 11/93	0,263

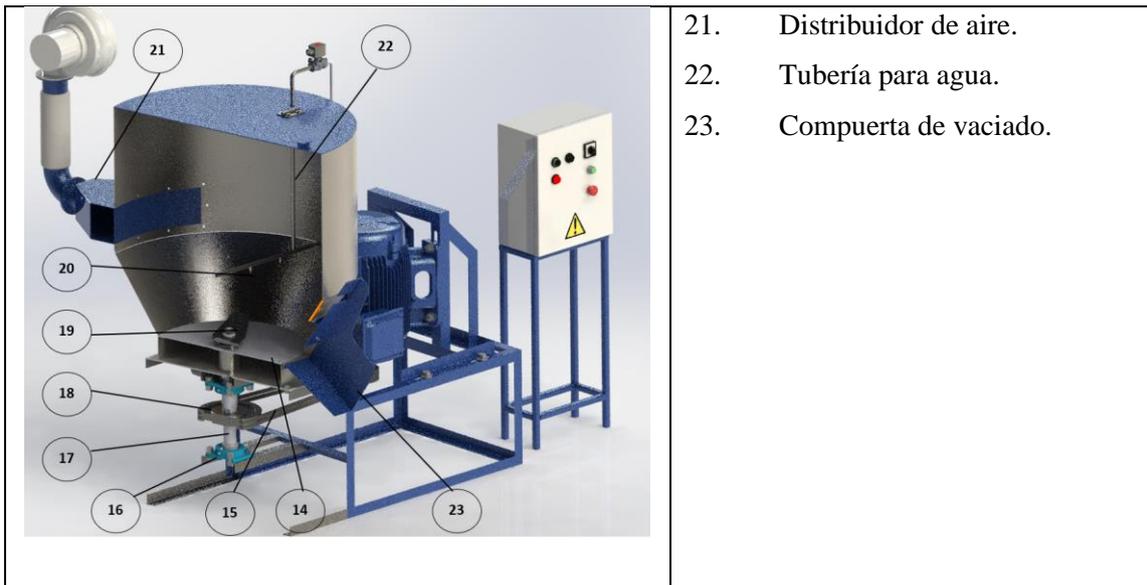
Conclusión: La evaluación de diseños en la tabla 21 indica que la alternativa 1 se encuentra como primera prioridad de diseño debido a que se ajusta a los requerimientos y necesidades de Kaliflex.

5.7. Características de la alternativa seleccionada del equipo de lavado y secado de plástico reciclado.

La siguiente tabla detalla los componentes que debe contener el equipo de lavado y secado de plástico seleccionado:

Tabla 23: Prediseño del equipo de lavado y secado de plástico reciclado.

Prediseño del equipo de lavado y secado de plástico.	Componentes
 <p>El diagrama muestra un equipo industrial de lavado y secado de plástico reciclado. Consiste en un tambor cilíndrico central con una tapa superior (5) y una compuerta lateral (6). El tambor está montado sobre una estructura metálica (12) que incluye un motor (10) y un actuador eléctrico (13). Hay un controlador (9) en un panel (11) y un blower (4) conectado al sistema. Se ven también resistencias eléctricas (3), una válvula solenoide (7), una base para el motor (8), una rejilla (14), poleas (15, 18), chumaceras (16), ejes (17) y boquillas (20).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tambor. 2. Tolva. 3. Resistencias eléctricas. 4. Blower. 5. Tapa del tambor. 6. Compuerta. 7. Válvula solenoide. 8. Base para el motor. 9. Tablero de control. 10. Motor. 11. Estructura para el tablero. 12. Estructura de la máquina. 13. Actuator eléctrico. 14. Rejilla. 15. Poleas. 16. Chumaceras. 17. Eje. 18. Poleas. 19. Aspas. 20. Boquillas.



- 21. Distribuidor de aire.
- 22. Tubería para agua.
- 23. Compuerta de vaciado.

5.8. Elementos de la maquina lavadora y secadora automática para plástico reciclado.

- *Tambor.* Se diseña con una capacidad de 50Kg, de materiales resistentes a agentes químicos y oxido.
- *Tolva.* Con diseño y dimensionamiento apropiado para el ingreso del material plástico sucio.
- *Resistencias eléctricas.* Permiten calentar el aire para el secado del material.
- *Blower.* Se encarga de producir el flujo de aire al interior del tambor.
- *Tapa del tambor.* Permite cerrar el ingreso del material al tambor: Se diseña para sujeción con pernos.
- *Compuerta.* Da acceso al interior del tambor para realizar mantenimientos.
- *Válvula solenoide.* Una señal permite la apertura o cierre al paso de agua.
- *Base para el motor.* El motor se ancla a la base y debe contar con sistema de regulación para tensar las bandas de transmisión.
- *Tablero de control.* Se controla todo el proceso de lavado y secado mediante PLC.
- *Motor.* Su selección dependerá de la capacidad que se espera procesar por carga.
- *Estructura para el tablero.* Su diseño permite soportar la carga del tablero de control.
- *Estructura de la máquina.* El diseño del bastidor y la sección de los perfiles se rigen a cálculos donde se contemplan las cargas y esfuerzos que estará sometido.
- *Actuador eléctrico.* Abrir y cerrar la compuerta de vaciado.

- *Rejilla.* Separa el plástico de las partículas contaminantes y el agua para el lavado.
- *Poleas.* Transmite el movimiento del motor al eje con las aspas.
- *Chumaceras.* Diseñados y seleccionados para cumplir con las condiciones de cargas a las que se someterán y el ambiente de trabajo.
- *Eje.* Transmite el movimiento de las poleas a las aspas.
- *Poleas.* Se calculan y seleccionan de acuerdo a la velocidad de giro necesaria para el lavado del plástico.
- *Aspas.* Desprenden las partículas de suciedad adheridas al plástico. Se diseñan a la capacidad de material que estará en el tambor.
- *Boquillas.* Se seleccionan las boquillas con la dispersión más eficientes para el lavado.
- *Distribuidor de aire.* Distribuye el aire en el interior del tambor.
- *Tubería para agua.* Diseñada para el caudal que ingresa en el sistema de lavado.
- *Compuerta de vaciado.* Permite evacuar el material plástico lavado y seco.

6. DISEÑO DE LA MAQUINA LAVADORA Y SECADORA AUTOMATICA PARA PLASTICO RECICLADO.

6.1. Diseño mecánico de la máquina.

Luego de haber asignado el diseño de la maquina lavadora y secadora de plástico, se realiza el dimensionamiento y selección de los elementos tanto mecánicos como eléctricos. Se realizan las siguientes consideraciones: el ambiente del interior del tambor es mojado – húmedo, con elementos que entran en contacto con agentes químicos, además, en el secado del polipropileno se pueden ocupar sistemas directos que transfieran calor entre el aire con la superficie del material debido a que no es un material higroscópico⁸ (Mujumdar, 2014).

⁸ Acumula humedad sobre la superficie y no en su interior (Mujumdar, 2014).



Figura 36: Diseño de la maquina lavadora y secadora de plástico reciclado.

6.1.1. Diseño del tambor.

El tambor es el inicio del cálculo y diseño de la máquina por la capacidad de material que debe procesar por carga.

6.1.1.1. Cálculo para determinar la altura del tambor.

Para determinar la altura del tambor, el diseño se basa en la cantidad de material que será procesado por carga (50 Kg/h) y el diámetro bajo consideraciones de diseño según el espacio físico óptimo (0.8m), para la cual se realiza la siguiente relación:

$$V = A \times h$$

$$V = \frac{m}{\rho_{mat}}$$

$$h = \frac{m}{A \times \rho_{mat}}$$

Donde:

h : altura (m)

m : masa (Kg)

A: área base del cilindro (m^2)

ρ_{mat} : densidad del material ($\frac{Kg}{m^3}$)

Calculando:

$$h = \frac{(50Kg)}{\frac{(0.8m)^2(\pi)}{4} \times (900\frac{Kg}{m^3})} = 0.11m$$

La altura anteriormente calculada representa el alto del material dentro del tambor en reposo cuando el diámetro es de ($0.8m$), por esta razón y para evitar problemas de derrame del material cuando el equipo entre en funcionamiento, se dejará un remanente de $0.69m$.

La altura final del tambor de lavado es de ($0.80m$) y un espesor de ($3mm$).

Como se mencionó anteriormente, debido a que se encuentra en un ambiente húmedo y en contacto con agentes químicos se selecciona como material el acero inoxidable 304. En el anexo B se muestran las características del acero inoxidable 304 de DIPAC.



Figura 37: Diseño del tambor de lavado y secado.

6.1.1.2. Cálculo del perímetro del tambor.

$$l = \pi \times D$$

Donde:

l : longitud del tambor (m)

D : diámetro del tambor (m)

Calculando:

$$l = \pi (0.8m) = 2.52m$$

6.1.1.3. Cálculo para determinar el espesor de las láminas del tambor.

Se aplican el siguiente grupo de ecuaciones para determinar el espesor que conforman las láminas del tambor:

- *Cálculo de la masa del material en el interior del tambor.*

Calculamos la masa del material plástico que se encontrará en el interior del tambor bajo la condición de factor de llenado. Aplicamos la siguiente ecuación:

$$m_{cor} = m + H$$

Donde:

m_{cor} : masa del plástico en el tambor corregido (Kg)

m : masa del plástico a procesar (Kg)

H : Porcentaje de llenado (%)

Calculando:

$$m_{cor} = 50Kg + 10\% = 55Kg$$

- ***Cálculo de la masa del material en el interior del tambor bajo condiciones de sobrecarga.***

Recalculamos la masa del material plástico que se encontrará en el interior del tambor bajo la condición de sobrecarga. Aplicamos la siguiente ecuación:

$$m_s = m_{cor} + 10\%$$

Donde:

m_s : masa del plástico en el tambor bajo condición de sobrecarga (Kg)

m_{cor} : masa de plástico corregido en el tambor (Kg)

Calculando:

$$m_s = 55Kg + 10\% = \mathbf{60.5Kg}$$

- ***Cálculo de la presión ejercida por el plástico en el interior del tambor.***

Sobre la superficie de la base del tambor, el plástico genera una fuerza perpendicular debido a la aceleración de la gravedad por lo que se determina con la siguiente ecuación:

$$P_{bt} = \frac{m_s \times g}{A}$$

Donde:

P_{bt} : presión sobre base del tambor $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

m_s : masa del plástico en el tambor bajo condición de sobrecarga (Kg)

g : aceleración de la gravedad $\left(9.8\frac{m}{s^2}\right)$

A : área base del cilindro (m^2)

Calculando:

$$P_{bt} = \frac{(60.5Kg) \times \left(9.8\frac{m}{s^2}\right)}{\left(\frac{(0.8m)^2(\pi)}{4}\right)} = \mathbf{1179.53\frac{N}{m^2}}$$

A continuación, podemos calcular el grosor de las láminas que deben ser usadas en la construcción del tambor de lavado y secado de plástico, en donde el espesor se encuentra determinado en función de la presión del material plástico, radio interno del tambor, el esfuerzo dentro del límite elástico del material y la eficiencia de la junta.

$$e = \frac{P_{bt} \times R_{ext}}{\sigma_y \times E + 0.6(P_{bt})}$$

Donde:

e : espesor de la lámina (mm)

P_{bt} : presión sobre base del tambor ($\frac{N}{m^2}$)

R_{ext} : radio externo (mm)

σ_y : esfuerzo de fluencia ($\frac{N}{m^2}$)

E : eficiencia de la junta⁹ (0.60)

Calculando:

$$e = \frac{\left(\left(1179.53 \frac{N}{m^2} \right) \times (0.4mm) \right)}{\left(\left(2.0 \times 10^8 \frac{N}{m^2} \right) \times (0.60) \right) + \left((0.6) \times \left(1179.53 \frac{N}{m^2} \right) \right)} = 3.93 \times 10^{-6} m \approx 0.039 mm$$

Debido a que el grosor de la lámina que se ha calculado no es comercial, y a su vez que tendrá que realizarse uniones mediante soldadura, se toma la decisión de ocupar un espesor de lámina de 3mm.

⁹ De acuerdo con el capítulo sobre presión interna del “Manual de recipientes a presión. Cálculo y diseño”, el espesor de la pared del tambor se encuentra en función a la forma, fuerzas internas, material de fabricación y el factor de eficiencia de la junta. En el capítulo indica que según la norma ASME UW – 12 sobre los tipos de juntas soldadas, la junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo tiene un factor de 0.60 cuando no es examinada (Megyesy, 1992).

6.1.2. Potencia del motor.

Previo al cálculo de la potencia del motor debemos conocer algunos parámetros; debido a que la porta cuchillas y cuchillas se encontrarán en contacto con agua y agentes químicos se selecciona como material para su construcción el acero inoxidable 304.

$$\rho_{304} = 8000 \text{ Kg/m}^3$$

La velocidad de rotación de la porta cuchillas es de 1180 rpm.

$$\omega = 1180 \text{ rpm} \sim 123.56 \text{ rad/s}$$

- ***Cálculo de la inercia de la porta cuchillas.***

Se realiza el análisis de inercia de la portacuchillas:

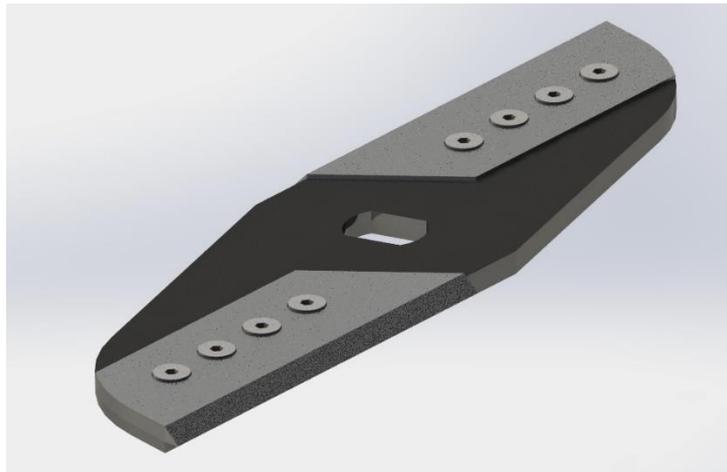


Figura 38: Dimensiones de la portacuchillas.

$$I_{PC} = \frac{1}{12} M_{PC} (a^2 + c^2)$$

Donde:

I_{PC} : Inercia porta cuchillas (Kg m^2)

M_{PC} : Masa porta cuchillas (Kg)

Calculando:

$$M_{PC} = \rho_{304} \times V$$

$$M_{PC} = (8000 \text{ Kg/m}^3) \times (0.1 \times 0.012 \times 0.76) \text{m}^3 = 7.3 \text{Kg}$$

$$I_{PC} = \frac{1}{12} (7.3 \text{ Kg}) ((0.1 \text{m})^2 + (0.76 \text{m})^2) = 0.357 \text{ Kg m}^2$$

Para determinar la potencia necesaria del motor para mover la cuchilla aplicamos la siguiente ecuación:

$$P_{CH} = \frac{I_{PC} \times \omega^2}{t}$$

Donde:

P : Potencia (W)

I_t : Inercia ($kg \text{ m}^2$)

ω : Velocidad angular ($\frac{rad}{s}$)

t : tiempo de estabilización¹⁰ (s)

Calculando:

$$P_{CH} = \frac{(0.357 \text{ Kg m}^2) \times (123.56 \text{ rad/s})^2}{3 \text{ s}} = 1816.78 \text{ W}$$

$$P_{CH} = 2,43 \text{HP}$$

¹⁰ Tiempo de estabilización del motor hasta que alcanza su velocidad máxima. Aproximadamente: 3 segundos.

Para determinar la potencia necesaria del motor para golpear el material dentro del tambor y trozarlo, debemos calcular el torque de las cuchillas. Aplicamos la siguiente ecuación:

$$T_1 = F \times r_{ch}$$

Donde:

T_1 : Torque giro de la porta cuchillas (Nm)

F : Peso del material (N)

r_{ch} : Radio de la cuchilla (m)

Calculando:

$$T_1 = (25 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \times (0.38\text{m}) = 93.1\text{Nm}$$

Aplicamos la siguiente ecuación para calcular la potencia del motor:

$$P_D = \frac{T_1 \times \text{RPM}}{9550}$$

$$P_D = \frac{93.1\text{Nm} \times 1180 \text{ RPM}}{9550} = 11.50\text{HP}$$

Al sumar las potencias requeridas para mover la cuchilla y girar mientras corta el material obtenemos la potencia del motor para el equipo multifuncional:

$$P_{motor} = P_{CH} + P_D$$

$$P_{motor} = 2.43\text{HP} + 11.50 \text{ HP} = 13.93\text{HP} \sim 14\text{HP}$$

$$P_{motor} = 14\text{HP}$$

Se multiplicará la potencia por el factor de servicio para una naturaleza de carga mediana con el fin de evitar el sobreesfuerzo del motor.

Tabla 24: Factor de servicio para motores eléctricos (Andres150748, 2022).

Tipo de carga	Tipo de máquina accionada	Motor eléctrico
Regular	Agitadores de densidad constante - bombas centrífugas - ventiladores centrífugos y axiales - transportadores a banda, tornillo o cadena – slitters.	1
Irregular	Agitadores de densidad variable - bombas centrífugas de carga variable - bombas a engranajes, lóbulos, paletas o pistones axiales - sopladores tipo roots - compresores de tornillo - elevadores de cangilones - transportadores a rodillos - hidropulpers - jordans - bobinadores - moledoras a cuchillas - extrusoras.	1.5
Pulsante	Equipos de elevación - moto soldadoras - máquinas herramientas - cilindradoras de acero - trefiladoras - bobinadoras industria del acero - molinos a cuchillas o rodillos - trituradoras a conos o martillos - hornos, lavadores y secadores rotativos - ventiladores de torres de enfriamiento - ventiladores de tiro inducido	2
Altamente pulsante - alternativa - inversión de marcha	Transportadores recíprocos - chiperas para madera - motocompresores - compresores recíprocos a pistones de simple o doble acción - mezcladoras y calandras de caucho - bambury - zarandas vibratorias - molinos a bolas o mandíbulas - bombas de pozo a pistón - transportadores a rodillos para industria del acero	2.5

Calculamos:

$$P_{motorF} = 14 \text{ HP} \times 1.5$$

$$P_{motorF} = 21 \text{ HP}$$

6.1.3. Selección de motor.

Se selecciona el motor trifásico W22 – 324 6T marca WEG por su eficiencia y confiabilidad para la industria.

A continuación, se muestra un cuadro resumen con sus características más importantes. En el anexo C, se presentan las características del motor trifásico W22 324 6T WEG.

Tabla 25: Características del motor eléctrico WEG W22 - 324 6T (Grupo WEG, 2017).

Motor WEG W22 – 324 6T	
Carcasa:	324 – 6T
Potencia:	25 HP – 18.5kW
Velocidad:	1180 rpm
# polos:	6
Brida	Tipo “D”
Peso:	254 kg

6.1.4. Diseño del eje.

A continuación, se muestra el diseño de la configuración geométrica adecuada para la disposición del eje que mueve la cuchilla.



Figura 39: Configuración geométrica de eje que mueve la cuchilla.

- ***Material del eje.***

El material que se ocupará para el diseño del eje que moverá las cuchillas es acero inoxidable 304 debido a que estará en contacto con agua y agentes químicos.

- ***Torque.***

Se determina el torque que debe soportar el eje aplicando la siguiente ecuación:

$$T_{se} = \frac{P}{2\pi f}$$

Donde:

T_{se} : Torque soporte del eje (Nm)

P : Potencia del motor ($N m/s$)

f : Frecuencia (s^{-1})

Calculando:

$$T_{se} = \frac{\left(25 \text{ HP} \times 746 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}\right)}{2\pi \left(1180 \text{ rpm} \times \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}\right)} = 150.93 \text{ Nm}$$

Una vez determinado el par de torsión que será aplicado sobre el eje y seleccionado el material, aplicamos la ecuación de torsión elástica:

$$\frac{J}{c} = \frac{T_{se}}{\tau_{max}}$$

Donde:

J : Momento polar de inercia (m^4)

c : Radio del eje (m)

T_{se} : Torque soporte del eje (Nm)

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo¹¹ (150 MPa)

Calculando:

$$\frac{J}{c} = \frac{150.93 \text{ Nm}}{1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2} = 1.006 \times 10^{-6} \text{ m}$$

La expresión $\frac{J}{c}$ se la puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{J}{c} = \frac{1}{2} \pi (r_c)^3$$

¹¹ El esfuerzo cortante máximo en el rango elástico es tomado del libro “Mecánica de Materiales – Beer, Johnston – Quinta edición” para el acero inoxidable AISI 304 siendo de 150MPa (Beer & Johnston, 2010).

Por lo tanto:

$$\frac{1}{2}\pi (c)^3 = 1.006 \times 10^{-6} m$$

Despejando c determinamos el radio del eje calculado dentro del rango elástico:

$$c = \sqrt[3]{\frac{(2)(1.006 \times 10^{-6} m)}{\pi}} = 0.0086 m$$

$$\theta = 2c = 0.017 m$$

$$\theta = 17.2 mm$$

Se aplicará un factor de seguridad 2 debido a que el cálculo que se desarrolló fue en el rango elástico del material por lo que el diámetro del eje final es:

$$\theta_{final} = \theta \times f.s$$

$$\theta_{final} = 17.2 mm \times 2 = 34.4 mm$$

6.1.5. Diseño de sistema de transmisión.

Para realizar el diseño de la transmisión se ocupará el manual “Transmisión de potencia – Poleas en V”¹².

- ***Cálculo de potencia de diseño en HP.***

Se escoge el tipo de máquina que se asimile a la aplicación de la siguiente tabla:

¹² Manual de INTERMEC de productos mecánicos para transmisión de potencia (Intermec).

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserríos y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Figura 40: Factores de servicio típicos (Intermec).

Debido a que el valor fue determinado en el cálculo del motor, la potencia de diseño en HP es de:

$$Potencia\ de\ diseño = 25HP$$

- **Selección de tipo o perfil de la correa.**

Para la selección del perfil de la correa de transmisión se requiere conocer los rpm del motor y la potencia de diseño. Intermec proporciona el siguiente gráfico que facilita su selección:

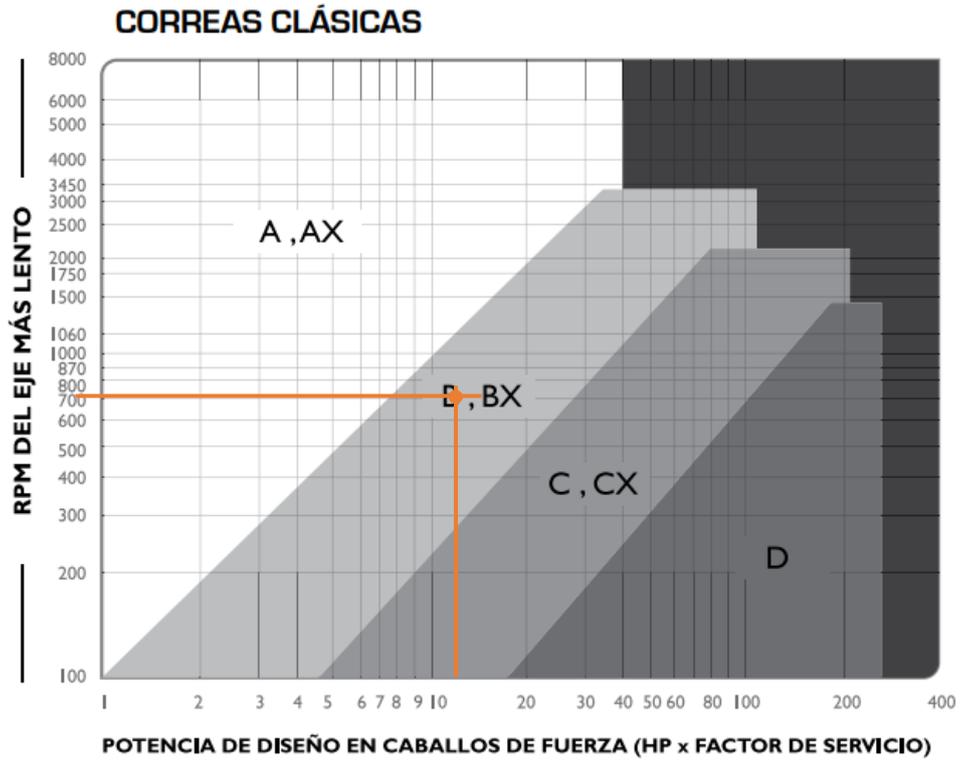


Figura 41: Selección del perfil de correa (Intermec).

Se selecciona el perfil de correa “B” clásica.

CORREAS EN “V” CLÁSICAS

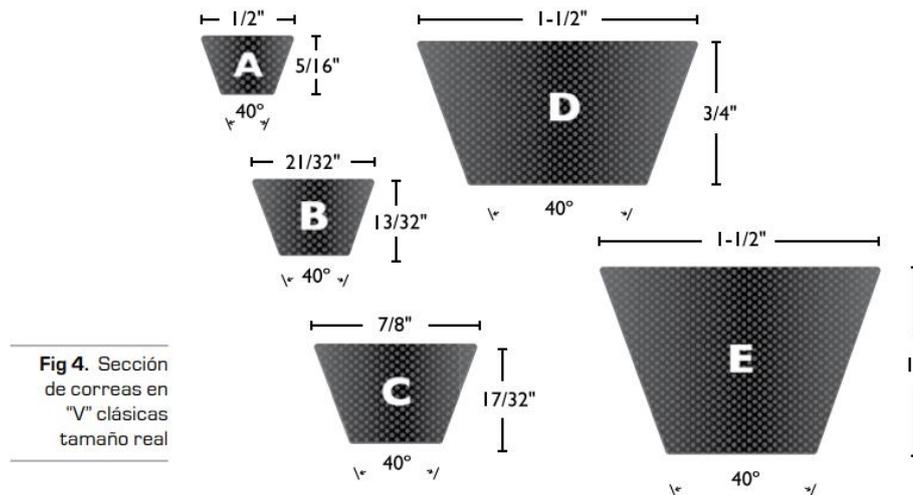


Figura 42: Correas en "V" clásicas (Intermec).

- ***Cálculo de la relación de transmisión.***

Se determina la relación de transmisión al dividir las revoluciones mayores (usualmente las del motor) sobre las revoluciones menores (usualmente las del equipo).

Debido a que la velocidad del motor coincide con la velocidad de giro de las cuchillas, la relación de transmisión es:

$$i = 1$$

- ***Selección de la polea conductora.***

El manual para la selección de poleas de Intermec recomienda diámetros mínimos de poleas para motores eléctricos basados en la potencia y velocidad del motor.

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-
75.00	260	260	230	-
100.00	350	350	250	-
125.00	380	350	280	-
150.00	465	350	-	-
200.00	550	-	-	-
250.00	-	-	-	-
300.00	-	-	-	-

Figura 43: Diámetros mínimos en mm (Intermec).

El diámetro mínimo según la potencia y la velocidad del motor es:

$$\theta_{conductora} = 155 \text{ mm}$$

Una vez determinado el diámetro de la polea conductora podemos determinar el número de canales según la siguiente tabla:

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)											CORREAS TIPO B
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)											RPM del Eje más Rápido
155	160	165	170	175	180	185	195	210	225	245	
2.44	2.60	2.74	2.88	3.03	3.18	3.33	3.62	4.05	4.50	5.06	400
2.93	3.10	3.30	3.47	3.65	3.83	4.00	4.37	4.90	5.42	6.10	500
3.40	3.60	3.82	4.03	4.24	4.45	4.66	5.08	5.70	6.30	7.12	600
3.83	4.08	4.32	4.56	4.80	5.04	5.28	5.76	6.47	7.17	8.10	700
4.25	4.53	4.80	5.07	5.35	5.62	5.88	6.42	7.20	8.00	9.00	800
4.54	4.83	5.13	5.42	5.70	6.00	6.30	6.86	7.70	8.54	9.63	870
4.66	4.96	5.27	5.57	5.87	6.16	6.46	7.05	7.92	8.77	9.90	900
5.05	5.38	5.70	6.04	6.36	6.70	7.00	7.65	8.60	9.52	10.74	1000
5.42	5.78	6.14	6.50	6.84	7.20	7.54	8.23	9.25	10.24	11.54	1100
5.64	6.00	6.38	6.75	7.12	7.48	7.85	8.56	9.62	10.66	12.00	1160
5.78	6.16	6.54	6.92	7.30	7.68	8.05	8.78	9.87	10.93	12.30	1200
6.12	6.53	6.93	7.34	7.74	8.14	8.53	9.30	10.46	11.57	13.02	1300
6.44	6.88	7.30	7.73	8.16	8.58	9.00	9.80	11.02	12.20	13.70	1400
6.75	7.20	7.66	8.11	8.56	9.00	9.43	10.30	11.55	12.76	14.32	1500
7.05	7.53	8.00	8.47	8.93	9.40	9.85	10.74	12.05	13.30	14.90	1600

Figura 44: Tabla de capacidad de transmisión por canal (HP) (Intermec).

El valor obtenido de 5.78HP hace referencia a la potencia que soporta la polea por cada canal por lo que:

$$\#_{canales} = \frac{\text{Potencia de diseño}}{\text{Potencia por canal}}$$

Calculando:

$$\#_{canales} = \frac{25HP}{5,78HP} = 4,32 \cong 5$$

En consecuencia, se requiere de una polea conductora con 5 canales para transmitir la potencia al eje de las cuchillas.

Se verifica en el manual las dimensiones de la polea y el buje QD¹³ (anexo D) resultando con la siguiente denominación:

PQ 5B155 – T2 – SK

Donde:

PQ: Polea en “V” para buje QD.

5: Número de canales.

B: Perfil de la correa.

170: Diámetro exterior de la polea (mm)

T2: Modelo del buje.

SK: Referencia del buje.

- ***Selección de la polea conducida.***

Para determinar las dimensiones de la polea conducida se multiplica la relación de velocidad con el diámetro exterior de la polea conductora.

Debido a que no se requiere que la velocidad de las cuchillas sea diferente que las del motor, entonces, se ocupa la misma polea con un buje JA.

- ***Cálculo de la distancia entre centros.***

Debido a que el diámetro de la polea motriz y de la polea conducida son iguales, el arco de contacto a cualquier distancia entre centros será de 180°, por lo que no se realiza cálculos.

¹³ INTERMEC recomienda que las poleas “V” sean montadas con el sistema de fijación QD permitiendo montar y desmontar las poleas con facilidad sin necesidad de golpearlas.

- **Cálculo de la longitud de correas “V”.**

Para determinar la longitud de las correas se aplica la siguiente ecuación:

$$L_{correa}: 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

Donde:

L_{correa} : longitud de las correas.

C : distancia entre centros (650mm)

D : Diámetro polea mayor (igual al diámetro de la polea menor)

d : Diámetro polea menor (igual al diámetro de la polea mayor)

Calculando:

$$L_{correa}: 2(650mm) + 1.57(170mm + 170mm) + \frac{(170mm + 170mm)^2}{4(650mm)}$$

$$L_{correa} = 1878,26mm$$

6.1.6. Selección de la chaveta para la polea conducida.

Las chavetas son elementos que tienden a fallar por cortante o aplastamiento por la cual se realizan ambos análisis para conocer las dimensiones adecuadas de la chaveta.

El torque máximo transferido por el eje de la cuchilla es de 150.93 Nm, siendo esta fuerza la que actúa en el extremo del eje.

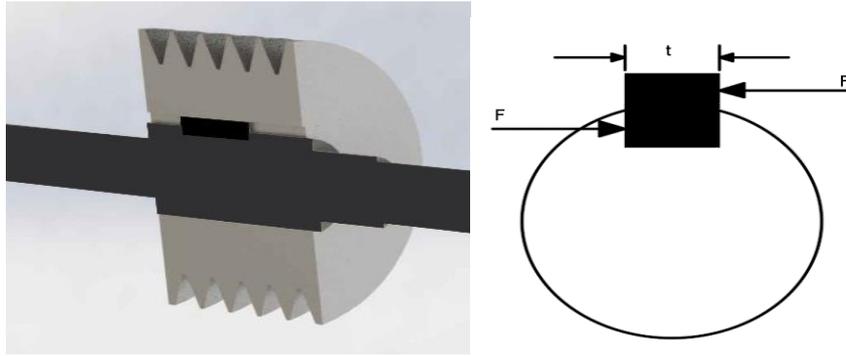


Figura 45: Representación de las cargas en la chaveta.

Determinamos la fuerza aplicada:

$$F = \frac{T}{\frac{\theta_{final}}{2}}$$

Calculando:

$$F = \frac{150.93 Nm}{(0,0344m)/2} = 8775 N$$

El material seleccionado es un acero INOX 316 debido a su resistencia a los agentes químicos.

El esfuerzo de fluencia del acero INOX es de $200MPa$.

La resistencia al esfuerzo cortante según la teoría de distorsión es:

$$S_{sy} = 0.577 S_y$$

$$S_{sy} = 0.577(200 MPa)$$

$$S_{sy} = 115.50MPa$$

- *Análisis por cortante.*

La falla por cortante sobre la chaveta origina el siguiente esfuerzo:

$$\tau = \frac{F}{b l}$$

Relacionando con el factor de seguridad:

$$\frac{S_{sy}}{f.s} = \frac{F}{b l}$$

Donde:

S_{sy} :

$f.s$: Factor de seguridad.

F : Fuerza.

b : Base.

l : Largo.

Calculando:

$$b l = \frac{8775N \times 3}{(115,40 \times 10^4) Pa} = 2,281 \times 10^{-4} m^2$$

Para ejes entre 30mm a 38 mm (34,40mm), RODAVIGO recomienda el dimensionamiento en la ficha “Chaveta según la normativa UNI 6604-69 – DIN 6885” (anexo E).

Despejando l podemos determinar el largo de la chaveta:

$$l = \frac{2,281 \times 10^{-4} m^2}{b}$$

Calculando:

$$l = \frac{2,281 \times 10^{-4} m^2}{0,01m} = 0.02281m$$

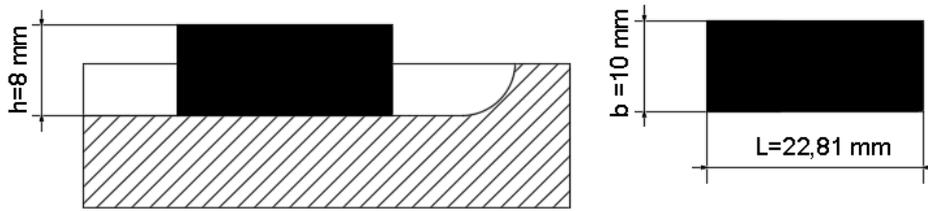


Figura 46: Dimensionamiento de la chaveta bajo análisis de falla por cortante.

- **Análisis por aplastamiento.**

La falla por aplastamiento sobre la chaveta origina el siguiente esfuerzo:

$$\frac{S_{sy}}{f \cdot s} = \frac{F}{b l / 2}$$

Calculando:

$$b l = \frac{8775N \times 3 \times 2}{(200 \times 10^6) Pa} = 2,632 \times 10^{-4} m^2$$

Despejando l podemos determinar el largo de la chaveta:

$$l = \frac{2,632 \times 10^{-4} m^2}{0,01m} = 0.02632m$$

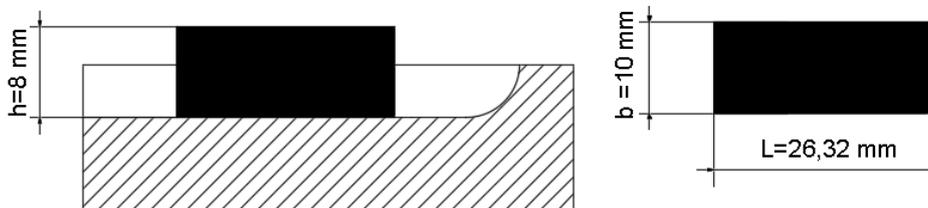


Figura 47: Dimensionamiento de la chaveta bajo análisis de falla por aplastamiento.

En conclusión, para la selección de la chaveta se considera el análisis de falla por aplastamiento.

6.1.7. Selección de bomba de agua y boquillas de pulverizado.

Para el lavado del material plástico se ocupa el sistema de pulverización de agua que consiste en una bomba de agua, tuberías, conexiones y boquillas de pulverización.

Spraying Systems Co. en el catálogo “*Industrial hydraulic Spray Products*” (*Spraying Systems Co.*) hace referencia a las guías para selección de boquillas y bombas para el sistema de lavado por pulverización de agua.

- ***Para la selección de boquillas de pulverización.***

Primero, se define el patrón de pulverización y distribución necesarios para el lavado del material plástico. La figura 49 muestran los principales patrones de boquillas comerciales:

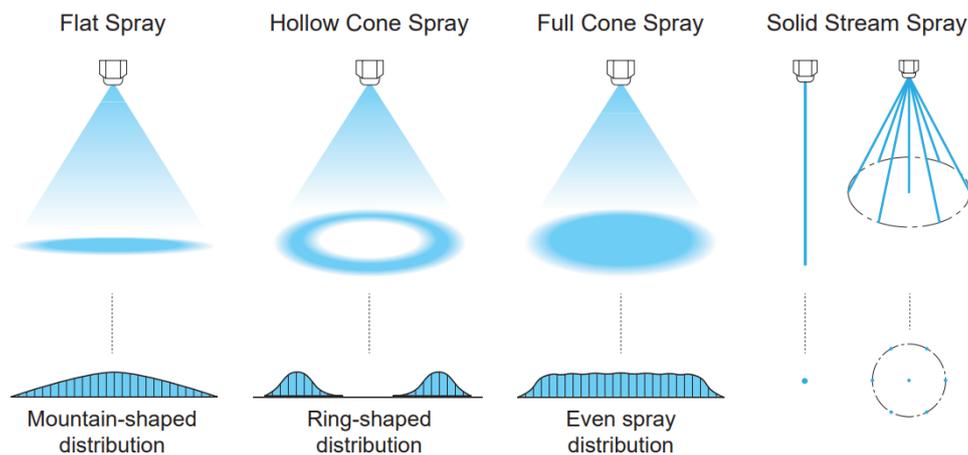


Figura 48: Patrones y distribución de pulverización de las principales boquillas comerciales (IKEUCHI).

Para el lavado de superficies se ocupan boquillas planas con una distribución de caudal en forma de montaña.

A continuación, se ocupa el siguiente gráfico de tabulaciones con la cobertura teórica aproximada respecto al ángulo de rociado y la distancia de la boquilla. Cabe destacar que las tabulaciones no cumplen para distancias largas de pulverización.

Spray Angle	2 in.	5 cm	4 in.	10 cm	6 in.	15 cm	8 in.	20 cm	10 in.	25 cm	12 in.	30 cm	15 in.	40 cm	18 in.	50 cm	24 in.	60 cm	30 in.	70 cm	36 in.	80 cm	48 in.	100 cm
5°	.2	.4	.4	.9	.5	1.3	.7	1.8	.9	2.2	1.1	2.6	1.3	3.5	1.6	4.4	2.1	5.2	2.6	6.1	3.1	7.0	4.2	8.7
10°	.4	.9	.7	1.8	1.1	2.6	1.4	3.5	1.8	4.4	2.1	5.3	2.6	7.0	3.1	8.8	4.2	10.5	5.2	12.3	6.3	14.0	8.4	17.5
15°	.5	1.3	1.1	2.6	1.6	4.0	2.1	5.3	2.6	6.6	3.2	7.9	3.9	10.5	4.7	13.2	6.3	15.8	7.9	18.4	9.5	21.1	12.6	26.3
20°	.7	1.8	1.4	3.5	2.1	5.3	2.8	7.1	3.5	8.8	4.2	10.6	5.3	14.1	6.4	17.6	8.5	21.2	10.6	24.7	12.7	28.2	16.9	35.3
25°	.9	2.2	1.8	4.4	2.7	6.7	3.5	8.9	4.4	11.1	5.3	13.3	6.6	17.7	8.0	22.2	10.6	26.6	13.3	31.0	15.9	35.5	21.2	44.3
30°	1.1	2.7	2.1	5.4	3.2	8.0	4.3	10.7	5.4	13.4	6.4	16.1	8.1	21.4	9.7	26.8	12.8	32.2	16.1	37.5	19.3	42.9	25.7	53.6
35°	1.3	3.2	2.5	6.3	3.8	9.5	5.0	12.6	6.3	15.8	7.6	18.9	9.5	25.2	11.3	31.5	15.5	37.8	18.9	44.1	22.7	50.5	30.3	63.1
40°	1.5	3.6	2.9	7.3	4.4	10.9	5.8	14.6	7.3	18.2	8.7	21.8	10.9	29.1	13.1	36.4	17.5	43.7	21.8	51.0	26.2	58.2	34.9	72.8
45°	1.7	4.1	3.3	8.3	5.0	12.4	6.6	16.6	8.3	20.7	9.9	24.9	12.4	33.1	14.9	41.4	19.9	49.7	24.8	58.0	29.8	66.3	39.7	82.8
50°	1.9	4.7	3.7	9.3	5.6	14.0	7.5	18.7	9.3	23.3	11.2	28.0	14.0	37.3	16.8	46.6	22.4	56.0	28.0	65.3	33.6	74.6	44.8	93.3
55°	2.1	5.2	4.2	10.4	6.3	15.6	8.3	20.8	10.3	26.0	12.5	31.2	15.6	41.7	18.7	52.1	25.0	62.5	31.2	72.9	37.5	83.3	50.0	104
60°	2.3	5.8	4.6	11.6	6.9	17.3	9.2	23.1	11.5	28.9	13.8	34.6	17.3	46.2	20.6	57.7	27.7	69.3	34.6	80.8	41.6	92.4	55.4	115
65°	2.5	6.4	5.1	12.7	7.6	19.1	10.2	25.5	12.7	31.9	15.3	38.2	19.2	51.0	22.9	63.7	30.5	76.5	38.2	89.2	45.8	102	61.2	127
70°	2.8	7.0	5.6	14.0	8.4	21.0	11.2	28.0	14.0	35.0	16.8	42.0	21.0	56.0	25.2	70.0	33.6	84.0	42.0	98.0	50.4	112	67.2	140
75°	3.1	7.7	6.1	15.4	9.2	23.0	12.3	30.7	15.3	38.4	18.4	46.0	23.0	61.4	27.6	76.7	36.8	92.1	46.0	107	55.2	123	73.6	153
80°	3.4	8.4	6.7	16.8	10.1	25.2	13.4	33.6	16.8	42.0	20.2	50.4	25.2	67.1	30.3	83.9	40.3	101	50.4	118	60.4	134	80.6	168
85°	3.7	9.2	7.3	18.3	11.0	27.5	14.7	36.7	18.3	45.8	22.0	55.0	27.5	73.3	33.0	91.6	44.0	110	55.0	128	66.0	147	88.0	183
90°	4.0	10.0	8.0	20.0	12.0	30.0	16.0	40.0	20.0	50.0	24.0	60.0	30.0	80.0	36.0	100	48.0	120	60.0	140	72.0	160	96.0	200
95°	4.4	10.9	8.7	21.8	13.1	32.7	17.5	43.7	21.8	54.6	26.2	65.5	32.8	87.3	39.3	109	52.4	131	65.5	153	78.6	175	105	218
100°	4.8	11.9	9.5	23.8	14.3	35.8	19.1	47.7	23.8	59.6	28.6	71.5	35.8	95.3	43.0	119	57.2	143	71.6	167	85.9	191	114	238
110°	5.7	14.3	11.4	28.6	17.1	42.9	22.8	57.1	28.5	71.4	34.3	85.7	42.8	114	51.4	143	68.5	171	85.6	200	103	229	-	286
120°	6.9	17.3	13.9	34.6	20.8	52.0	27.7	69.3	34.6	86.6	41.6	104	52.0	139	62.4	173	83.2	208	104	243	-	-	-	-
130°	8.6	21.5	17.2	42.9	25.7	64.3	34.3	85.8	42.9	107	51.5	129	64.4	172	77.3	215	103	257	-	-	-	-	-	-
140°	10.9	27.5	21.9	55.0	32.9	82.4	43.8	110	54.8	137	65.7	165	82.2	220	98.6	275	-	-	-	-	-	-	-	-
150°	14.9	37.3	29.8	74.6	44.7	112	59.6	149	74.5	187	89.5	224	112	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160°	22.7	56.7	45.4	113	68.0	170	90.6	227	113	284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170°	45.8	114	91.6	229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 49: Cobertura teórica de rociado a distintas distancias desde el orificio de la boquilla (Spraying Systems Co.).

- **Para la selección de bomba de agua.**

Spraying Systems Company muestra las directrices para la selección de bomba en sistemas de pulverización de agua. Es importante tener claro que los sistemas de bombeo proporcionan el flujo del agua y no de presión. La presión es el producto de la restricción del fluido.

Principalmente, existen dos tipos de bombas: de desplazamiento positivo y centrífugas.

Las bombas de desplazamiento positivo proporcionan alta presión con un flujo fijo en cada rotación. Las bombas centrífugas giran un impulsor moviendo el fluido contra la carcasa restringiendo a un pequeño volumen y descargándose en la tubería de salida.

Aunque en ambos sistemas de bombeo se requieren instalar de válvulas de derivación sin restricciones y una válvula de alivio de presión, es obligatorio para las bombas de desplazamiento positivo debido a que si se restringe el paso del fluido la presión aumentará.

- **Conclusión**

Del catálogo “Industrial Hydraulic Spray Products” (Spraying Systems Co.), se selecciona la boquilla UNIJET 1/2 T – SS + U25 50 – SS. Sus características son:

Tabla 26: Características de la boquilla seleccionada.

Boquilla <i>UNIJET 1/2 T – SS + U25 50 – SS</i>										
Ángulo de rociado a 3 bar	Tamaño capacidad	Equiv. Orificio (mm)	Capacidad de caudal. (l/min)				Ángulo de rociado (°)			
			1,5 bar	3 bar	6 bar	15 bar	1,5 bar	3 bar	6 bar	15 bar
25°	50	4,4	14,0	19,7	28	44	21	25	29	35

El flujo promedio se multiplica por el número de boquillas que se ocupan (4) resultando en aproximadamente 80 l/min.

Se selecciona la bomba centrífuga *PEDROLLO CPm620*. Las características se encuentran en el anexo F.

6.2. Diseño energético.

A continuación, se realiza el estudio energético para el secado de plástico en la cual que se considera el análisis realizado en el trabajo de titulación “*Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg*” (Cueva Moreno & Saquina Caiza, 2017).

Previo a este análisis se fijan como constantes el flujo de aire y la generación de calor.

Cueva y Saquina (2017), indican que se deben conocer las propiedades psicrométricas del aire (parámetros de temperatura y altitud) en que el equipo de lavado y secado funcionará.

El cantón Piñas se encuentra a una altitud media de 1000 m.s.n.m., valor que, de acuerdo con la tabla de propiedades físicas de la atmósfera en altura (anexo G), resulta en una presión atmosférica de 89,88 KPa.

Tabla 27: Datos para el diseño térmico del equipo de lavado y secado.

Datos para diseño térmico	
Masa:	60,5 kg (en condiciones de sobrecarga)
Humedad relativa:	70 %
Temperatura de ingreso del aire:	24 °C
Temperatura de salida del aire:	90 °C
Humedad del plástico después de lavado:	30 %

- ***Análisis de la masa del plástico para el secador.***

Se determina la masa del plástico afectado por la humedad después del lavado:

$$m_h = h_l * m_s$$

Donde:

m_h : Masa de la humedad contenida en el plástico (Kg)

h_l : Humedad contenida en el plástico.

m_s : Masa del plástico en el tambor bajo condición de sobrecarga (Kg)

Calculando:

$$m_h = 0,3 (60,5 Kg)$$

$$m_h = 18,15 Kg$$

- ***Flujo de aire requerido.***

Debemos conocer la velocidad de aire en la cámara de secado. Para un secado óptimo se requiere de una velocidad de aire de $2,5 \frac{m}{s}$.

Empleamos la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = A * v$$

Donde:

\dot{V} : Flujo de aire requerido. $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A: Área base del cilindro. (m^2)

v: Velocidad del aire para secado. $\left(\frac{m}{s}\right)$

Calculando:

$$\dot{V} = \left(\frac{(0,8m)^2(\pi)}{4}\right) * (2,5 \text{ m/s})$$

$$\dot{V} = 1,256 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ***Flujo másico de aire.***

Para determinar el flujo másico del aire debemos conocer la densidad del aire en base a la altitud a la que se encuentra el equipo de lavado y secado.

Se aplica la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_a = \rho_{aire} * \dot{V}$$

Donde:

\dot{m}_a : Flujo másico del aire. $\left(\frac{Kg}{s}\right)$

ρ_{aire} : Densidad del aire. $\left(1,087 \frac{Kg}{m^3}\right)$

Calculando:

$$\dot{m}_a = \left(1,087 \frac{Kg}{m^3}\right) \left(1,256 \frac{m^3}{s}\right)$$

$$\dot{m}_a = 1,365 \frac{Kg}{s}$$

- ***Acondicionamiento de aire.***

Se requiere conocer los siguientes datos de entrada: presión atmosférica, temperatura de ingreso y humedad relativa del aire. A partir de los datos de ingreso y con ayuda del software Engineering Equation Solver (EES), obtenemos las propiedades del aire en el proceso de secado.

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart
(Reasonable values must be supplied)

Unit System: **SI**

Atmospheric Pressure: **89,88** [kPa]

Select the first input variable:
Dry-bulb Temperature = **24** [°C]

Select the second input variable:
Relative Humidity, 0 to 1 = **0,7** []

Solution

Tdb = 24,0 [°C]	P = 89,88 [kPa]	w = 0,0148
Twb = 19,9 [°C]	Rh = 0,7	v = 0,9716 [m ³ /kg]
Tdp = 18,2 [°C]		h = 61,78 [kJ/kg]

Select the input variables and then **Calculate** **Show Plot**

Figura 50: Propiedades del aire al inicio del secado.

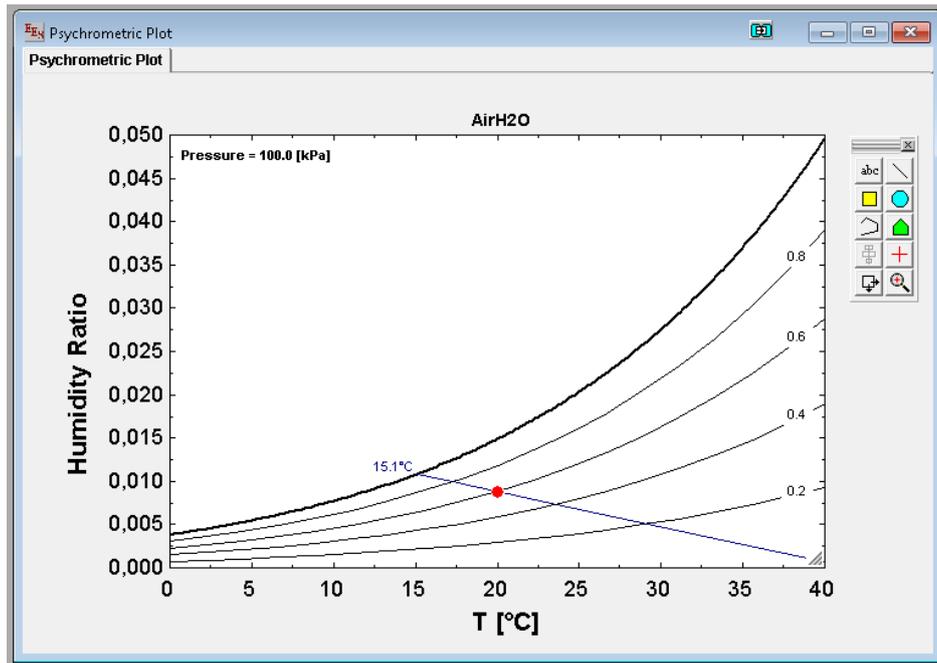


Figura 51: Gráfico psicrométrico de las propiedades del aire al inicio de secado.

La siguiente tabla muestran los resultados de las propiedades del aire al inicio del proceso de secado:

Tabla 28: Propiedades del aire al inicio del calentamiento.

Propiedad	Valor	Unidad
Presión atmosférica (P_{atm})	89,88	KPa
Temperatura de bulbo seco (T_{bs})	24	°C
Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh})	19,9	°C
Humedad relativa (H_r)	0,7	
Humedad absoluta (W)	0,0148	
Entalpía (h)	61,78	$\frac{kJ}{Kg}$

La temperatura de bulbo húmedo es el punto de partida para el proceso de calentamiento.

La figura 52 representa el proceso de calentamiento del aire para el secado del polipropileno que corresponde del punto 1 (inicial) y punto 2 (final) con el que se mantiene constante la humedad absoluta del aire y se incrementa su temperatura.

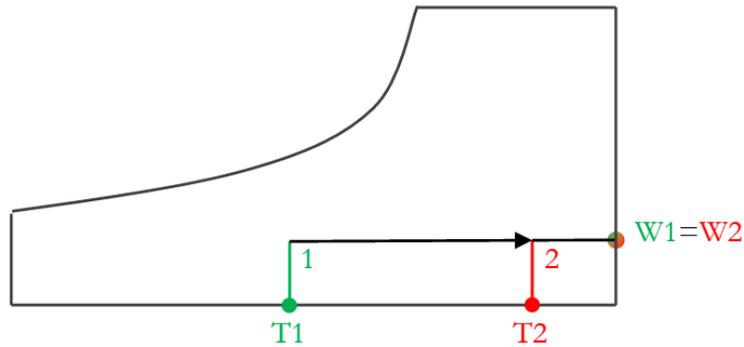


Figura 52: Proceso de calentamiento del aire para el secado.

Se realiza el mismo procedimiento para determinar las propiedades del aire en el punto de salida. Se considera: humedad absoluta (0,0148) y presión atmosférica igual que en el punto 1.

Diagram Window

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart

(Reasonable values must be supplied)

Unit System: **SI**

Atmospheric Pressure: **89,88 [kPa]**

Select the first input variable:
Dry-bulb Temperature = **90 [°C]**

Select the second input variable:
Humidity Ratio = **0,0148 []**

Solution

Tdb = 90,0 [°C]	P = 89,88 [kPa]	w = 0,0148
Twb = 33,8 [°C]	Rh = 0,02977	v = 1,187 [m ³ /kg]
Tdp = 18,2 [°C]		h = 130 [kJ/kg]

Select the input variables and then **Calculate** **Show Plot**

Figura 53: Propiedades del aire al final del calentamiento.

La siguiente tabla muestran los resultados de las propiedades del aire al final del calentamiento:

Tabla 29: Propiedades del aire al final del calentamiento.

Propiedad	Valor	Unidad
Presión atmosférica (P_{atm})	89,88	KPa
Temperatura de bulbo seco (T_{bs})	90	°C
Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh})	33,8	°C
Humedad relativa (H_r)	0,0297	
Humedad absoluta (W)	0,0148	
Entalpía (h)	130	$\frac{kJ}{Kg}$

- **Flujo de energía utilizada para calentar el aire.**

Para calcular el flujo de energía se emplea la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a(h_2 - h_1)$$

Donde:

\dot{Q}_a : Flujo de calor. $\left(\frac{kJ}{s}\right)$

h_2 : Entalpía del aire en estado final. $\left(\frac{kJ}{Kg}\right)$

h_1 : Entalpía del aire en estado inicial. $\left(\frac{kJ}{Kg}\right)$

Calculando:

$$\dot{Q}_a = 1,365 \frac{kg}{s} \left(130 \frac{kJ}{kg} - 61,78 \frac{kJ}{kg} \right)$$

$$\dot{Q}_a = 93,12 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 93,12 \text{ kW}$$

- **Proceso de secado.**

La temperatura para el secado del plástico no debe ser superior a los 90°C con el fin de evitar el deterioro del material por sobrecalentamiento y ahorro de energía. Debido a que el polipropileno es un material no higroscópico, la humedad se encuentra sobre la superficie resultando en un proceso de secado con aire caliente y un flujo constante.

Para realizar una humidificación adiabática tomaremos una temperatura intermedia entre la entrada y la salida (57°C).

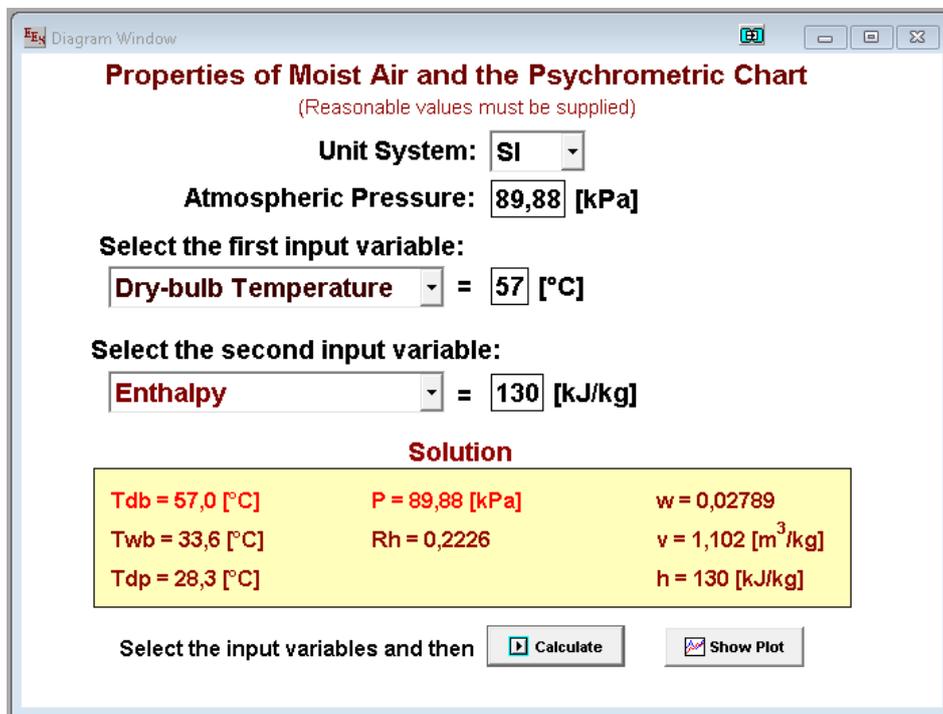


Figura 54: Propiedades del aire en el proceso de humidificación adiabática.

La siguiente tabla muestra los resultados de las propiedades del aire del proceso de humidificación adiabática:

Tabla 30: Propiedades del aire del proceso de humidificación adiabática.

Propiedad	Valor	Unidad
Presión atmosférica (P_{atm})	89,87	KPa
Temperatura de bulbo seco (T_{bs})	57	°C
Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh})	33,6	°C
Humedad relativa (H_r)	0,2226	
Humedad absoluta (W)	0,02789	
Entalpía (h)	130	$\frac{kJ}{Kg}$

- **Recirculación de aire.**

A continuación, se determina el porcentaje de mezcla del aire:

$$m_{aire\ seco} + m_{aire\ ambiente} = m_r$$

Donde:

$m_{aire\ seco}$: Masa de aire seco.

$m_{aire\ ambiente}$: Masa del aire del ambiente.

m_r : Masa resultante.

Obtenemos la siguiente expresión después de realizar un balance:

$$m_{aire\ seco} h_{aire\ seco} + m_{aire\ ambiente} h_1 = m_r h_r$$

Donde:

$h_{aire\ seco}$: Entalpia del aire seco.

h_1 : Entalpia del aire al inicio del proceso de calentamiento.

h_r : Entalpia resultante.

Reemplazando de la fórmula de porcentaje de mezcla del aire resulta en:

$$m_r h_{aire\ seco} - m_{aire\ ambiente} h_{aire\ seco} + m_{aire\ ambiente} h_1 = m_r h_r$$

$$m_{aire\ ambiente} = m_r \left(\frac{h_r - h_{aire\ seco}}{h_1 - h_{aire\ seco}} \right)$$

$$m_{aire\ ambiente} = j(m_r)$$

Donde:

j : Factor de recirculación del aire. $\left(j = \frac{h_r - h_{aire\ seco}}{h_1 - h_{aire\ seco}} \right)$. Se calcula con un factor de recirculación de aire del 50%.

Resultando:

$$h_r = h_{aire\ seco} + j(h_1 - h_{aire\ seco})$$

$$h_r = 130 \frac{kJ}{Kg_{aire}} + 0,5 \left(61,78 \frac{kJ}{Kg_{aire}} - 130 \frac{kJ}{Kg_{aire}} \right)$$

$$h_r = 95,89 \frac{kJ}{Kg_{aire}}$$

Al realizar el balance de masa se obtiene la siguiente ecuación:

$$W_r = W_{aire\ seco} + j(W_1 - W_{aire\ seco})$$

Donde:

W_r : Humedad absoluta resultante. $\left(\frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}\right)$

$W_{aire\ seco}$: Humedad absoluta del aire seco. $\left(\frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}\right)$

W_1 : Humedad del aire al inicio del proceso de calentamiento. $\left(\frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}\right)$

Calculando:

$$W_r = 0,0278 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}} + 0,5 \left(0,0148 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}} - 0,0278 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}} \right)$$

$$W_r = 0,0213 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}$$

Con la ayuda de la calculadora de propiedades psicrométrica podemos determinar las propiedades del aire resultante:

Diagram Window

Properties of Moist Air and the Psychrometric Chart
(Reasonable values must be supplied)

Unit System: SI

Atmospheric Pressure: 89,88 [kPa]

Select the first input variable:
Enthalpy = 95,89 [kJ/kg]

Select the second input variable:
Humidity Ratio = 0,0213 []

Solution

Tdb = 40,8 [°C]	P = 89,88 [kPa]	w = 0,0213
Twb = 27,7 [°C]	Rh = 0,3859	v = 1,037 [m ³ /kg]
Tdp = 23,9 [°C]		h = 95,89 [kJ/kg]

Select the input variables and then

Figura 55: Propiedades del aire a partir de la mezcla.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de las propiedades a partir de la mezcla:

Tabla 31: Propiedades del aire a partir de la mezcla.

Propiedad	Valor	Unidad
Presión atmosférica (P_{atm})	89,88	KPa
Temperatura de bulbo seco (T_{bs})	40,8	°C
Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh})	27,7	°C
Humedad relativa (H_r)	0,3859	
Humedad absoluta (W)	0,0213	
Entalpía (h)	95,89	$\frac{kJ}{Kg}$

La figura 56 detalla el proceso de secado del plástico reciclado:

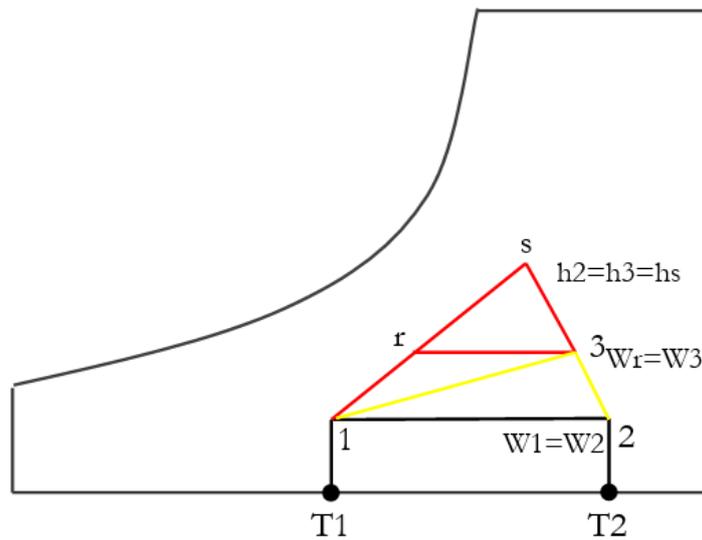


Figura 56: Proceso de secado del plástico reciclado.

Para determinar el flujo de calor necesario en la mezcla de aire, aplicamos la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a(h_3 - h_r)$$

Donde:

\dot{Q}_a : Flujo de calor. $\left(\frac{kJ}{s}\right)$

h_3 : Entalpía del aire de salida en el proceso de secado. $\left(\frac{kJ}{Kg}\right)$

h_r : Entalpía del aire resultante de la mezcla. $\left(\frac{kJ}{Kg}\right)$

Calculando:

$$\dot{Q}_a = 1,365 \frac{Kg}{s} \left(130 \frac{kJ}{Kg} - 95,89 \frac{kJ}{Kg} \right)$$

$$\dot{Q}_a = 46,56 \text{ kW}$$

- **Humidificación del aire.**

Después de realizar un balance, se determina el vapor extraído del plástico:

$$\dot{m}_{ve} = \dot{m}_a(W_{aire\ seco} - W_3)$$

Donde:

\dot{m}_{ve} : Flujo másico de vapor extraído del plástico. $\left(\frac{Kg}{s}\right)$

\dot{m}_a : Flujo másico del aire. $\left(\frac{Kg}{s}\right)$

$W_{aire\ seco}$: Humedad absoluta del aire seco. $\left(\frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}\right)$

W_3 : W_r $\left(\frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}}\right)$

Calculando:

$$\dot{m}_{ve} = \dot{m}_a (W_{aire\ seco} - W_3)$$

$$\dot{m}_{ve} = 1,365 \frac{kg}{s} \left(0,02789 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}} - 0,0213 \frac{Kg_{vapor}}{Kg_{aire}} \right)$$

$$\dot{m}_{ve} = 0,00899 \frac{kg}{s} = 32,36 \frac{kg}{h}$$

- **Tiempo de secado.**

Aplicamos la siguiente ecuación para determinar el tiempo de secado:

$$\dot{m}_{ve} = \frac{m_h}{t_{secado}}$$

Donde:

t_{secado} : Tiempo de secado. (h)

m_h : Masa de la humedad contenida en el plástico. (Kg)

Calculando:

$$t_{secado} = \frac{m_h}{\dot{m}_{ve}}$$

$$t_{secado} = \frac{18,15\ kg}{32,36 \frac{kg}{h}}$$

$$t_{secado} = 0,56\ h$$

$$t_{secado} = 33,6\ minutos$$

6.2.1. Selección de resistencias.

- *Calor necesario para calentar el polipropileno.*

Aplicamos la siguiente ecuación para determinar el calor requerido y calentar el material plástico dentro del tambor:

$$Q_p = m_s C_{p_{pp}} \Delta T$$

Donde:

Q_p : Calor necesario para calentar el sólido (Kcal)

m_s : Masa del plástico en el tambor bajo condición de sobrecarga (Kg)

$C_{p_{pp}}$: Capacidad calorífica del polipropileno $\left(\frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ c}\right)$

ΔT : Variación de temperatura ($^\circ c$)

Calculando:

$$Q_p: (60,5 \text{ Kg}) \left(0,48 \frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ c}\right) (90^\circ c - 24^\circ c)$$

$$Q_p: 1916,64 \text{ Kcal}$$

A continuación, se realiza la conversión de unidades para determina el consumo eléctrico:

$$E = (1916,64 \text{ Kcal}) \left(\frac{1,16 \frac{W}{h}}{1 \text{ Kcal}}\right)$$

$$E = 2223,3 \frac{W}{h}$$

- **Potencia de las resistencias.**

Para determinar la potencia requerida de la resistencia se aplica la siguiente ecuación:

$$P_r = E * t_{\text{secado}}$$

Donde:

P_r : Potencia de la resistencia

t_{secado} : Tiempo de secado

Calculando:

$$P_r = \left(2223,3 \frac{W}{h}\right) (0,56 h)$$

$$P_r = 1245,04 W$$

Del catálogo “Resistencias eléctricas” de Asturgó (anexo H), se seleccionan las resistencias eléctricas de aletas por su buen desempeño para el calentamiento del aire.

Tabla 32: Características de las resistencias eléctricas de aletas AL - 101 modelo P (Asturgó S.L).

Resistencia eléctrica de aletas AL – 101 modelo P		
Características	Valor	Unidad
Dimensión aletas	20 x 50	mm
Potencia	250	W
Tensión	230	v
Longitud	200	mm
Diámetro tubo	8	mm
Carga	4	$\frac{W}{cm^2}$

6.2.2. Selección del ventilador.

Se encargará de entregar una masa de aire constante a las condiciones necesarias para el proceso de secado del plástico. Un ventilador convierte la energía mecánica producto de un motor en energía neumática por medio de un rotor con álabes que impulsan el aire imprimiéndoles energía cinética.

La humedad que se debe retirar del material se encuentra sobre la superficie del material, se requiere de un flujo volumétrico medio similar a la producido por un ventilador centrífugo. Estos ventiladores cambian la dirección de flujo del aire con un ángulo de 90° entre el ingreso y la salida.

Los álabes de los ventiladores centrífugos tienen tres configuraciones: curvados hacia adelante, rectos y curvados hacia atrás. La figura 58 muestra el comportamiento de las curvas características de presión estática y caudal de las diferentes configuraciones de álabes.

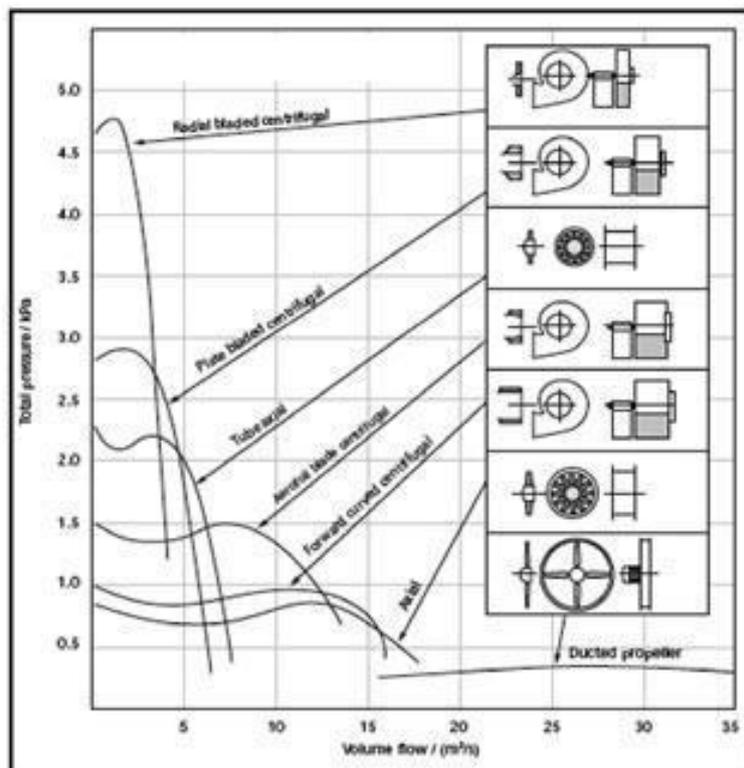


Figura 57: Curvas características de distintos ventiladores (Soler&Palau).

Para la etapa de secado del plástico, se requiere de un gran caudal de aire y una presión estática media, por lo que para la selección del ventilador se adapta perfectamente la configuración de álabes curvados hacia adelante.

Se requiere de los siguientes datos para la selección:

$$v = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\dot{V} = 1,256 \text{ m}^3/\text{s} = 4521,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las dimensiones de ingreso a la cámara de secado son: 40cm x 25 cm. La longitud del conducto es 60cm.

Al realizar una canalización del flujo de aire, se debe cuidar el diseño y tomar en cuenta las pérdidas del ventilador. El flujo del aire a través de ductos absorbe energía del ventilador debido al roce con las paredes a su paso.

Se realiza un análisis de pérdida de carga para tomar en cuenta o si se vuelve irrelevante en el diseño.

En el capítulo 5 del catálogo de SOLER & PALAU: “Cálculos y aplicación práctica para una correcta circulación de aire por conductos” (anexo I), se indica que primero se debe determinar el diámetro equivalente para conductos rectangulares.

El diámetro equivalente para el conducto con las dimensiones del diseño es: 34 cm.

A continuación, en el nomograma “perdida de carga por rozamiento del aire” (anexo J) del catálogo SOLER & PALAU se determinan las pérdidas por metros de conducto.

Las pérdidas de carga para un conducto rígido son aproximadamente 0,75 mmca por cada metro. De esta manera, la pérdida de carga en el diseño del conducto resulta en:

$$H_r = 0,75 \frac{\text{mmcda}}{\text{m}} \times 0,60 \text{ m}$$

$$H_r = 0,45 \text{ mmcda}$$

Estos valores son relativamente bajos por lo que no se toman en consideración para el diseño.

SODECA en el catálogo “*Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos*” (anexo K) muestra que las curvas características se aproximan al modelo *CBXT- 12/12 - 2*.

Se describe las características principales:

Tabla 33: Características del ventilador para el secado de plástico (Sodeca).

CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR PARA EL SECADO DE PLÁSTICO	
MARCA:	SODECA
MODELO:	<i>CBXT- 12/12 - 2</i>
CAUDAL MAX:	6500 m ³ /h
PRESIÓN:	62 mmca
RPM:	965 – 1300
POTENCIA MOTOR:	1,5 kW
MONTAJE:	A

Las dimensiones del ventilador SODECA *CBXT- 12/12 - 2* se encuentran en el anexo L.

6.3. Diseño y análisis de la estructura soporte.

Esta estructura sostiene y aloja todos los elementos que comprenden el equipo; tambor de lavado y secado, cuchillas, porta cuchillas, sistema de transmisión y motor. El trabajo que realiza la estructura de soporte se encuentra en condiciones de cargas estáticas para su análisis.

Los marcos principales de soporte se encuentran sometidos a cargas distribuidas representadas por los pesos de todos los elementos del tambor, el motor y el material plástico a procesar. En la figura 58 se muestran las cargas sobre la estructura:

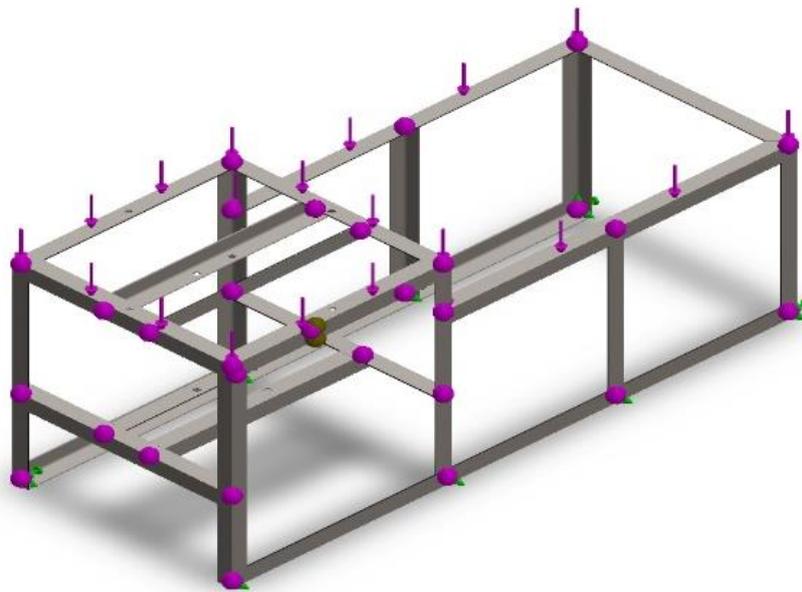


Figura 58: Representación de las cargas que actúan sobre la estructura del equipo de lavado y secado.

Para el diseño y análisis se emplean perfiles estructurales de acero ASTM A-36 y el método empleado es ASD (Allowable Stress Design). Únicamente, se presentan los cálculos para un diseño dentro de las condiciones de elasticidad permisible.

6.3.1. Vigas de soporte del tambor y sus componentes.

SOLIDWORKS permite conocer las cargas generadas por los elementos que componen el tambor de lavado y secado más el material plástico a ser procesado siendo de 2367,2 N distribuidos en las cuatro vigas del marco por lo que para el desarrollo del diagrama de cuerpo libre (figura 59) resulta en:

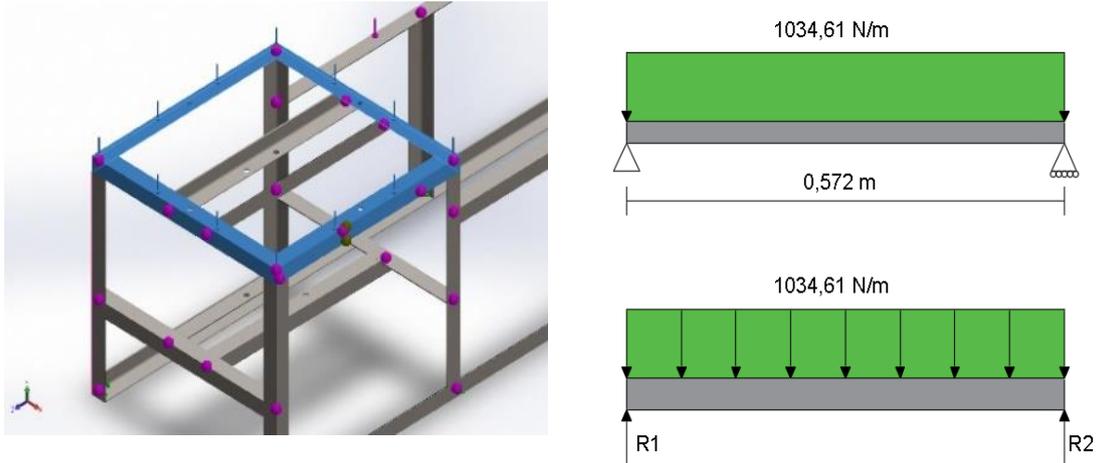


Figura 59: Diagrama de cuerpo libre de sección del marco de soporte del tambor y sus elementos.

Se determinan las reacciones R_1 y R_2 :

$$\Sigma M_{R2} = 0$$

$$-(0,572 \text{ m})(M_{R2}) + (0,286 \text{ m})(591,8 \text{ N}) = 0$$

$$M_{R2} = \frac{-(0,286 \text{ m})(591,8 \text{ N})}{-(0,572 \text{ m})}$$

$$M_{R2} = 295,9 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{R1} = 0$$

$$-(0,572 \text{ m})(M_{R1}) + (0,286 \text{ m})(591,8 \text{ N}) = 0$$

$$M_{R1} = \frac{-(0,286 \text{ m})(591,8 \text{ N})}{-(0,572 \text{ m})}$$

$$M_{R1} = 295,9 \text{ N}$$

Para determinar el momento máximo flector se ingresan los valores antes mencionados en la aplicación *BEAM DESIGN* que calcula y grafica el momento flector máximo y el cortante máximo.

La figura 60 muestra los resultados de *BEAM DESIGN*:

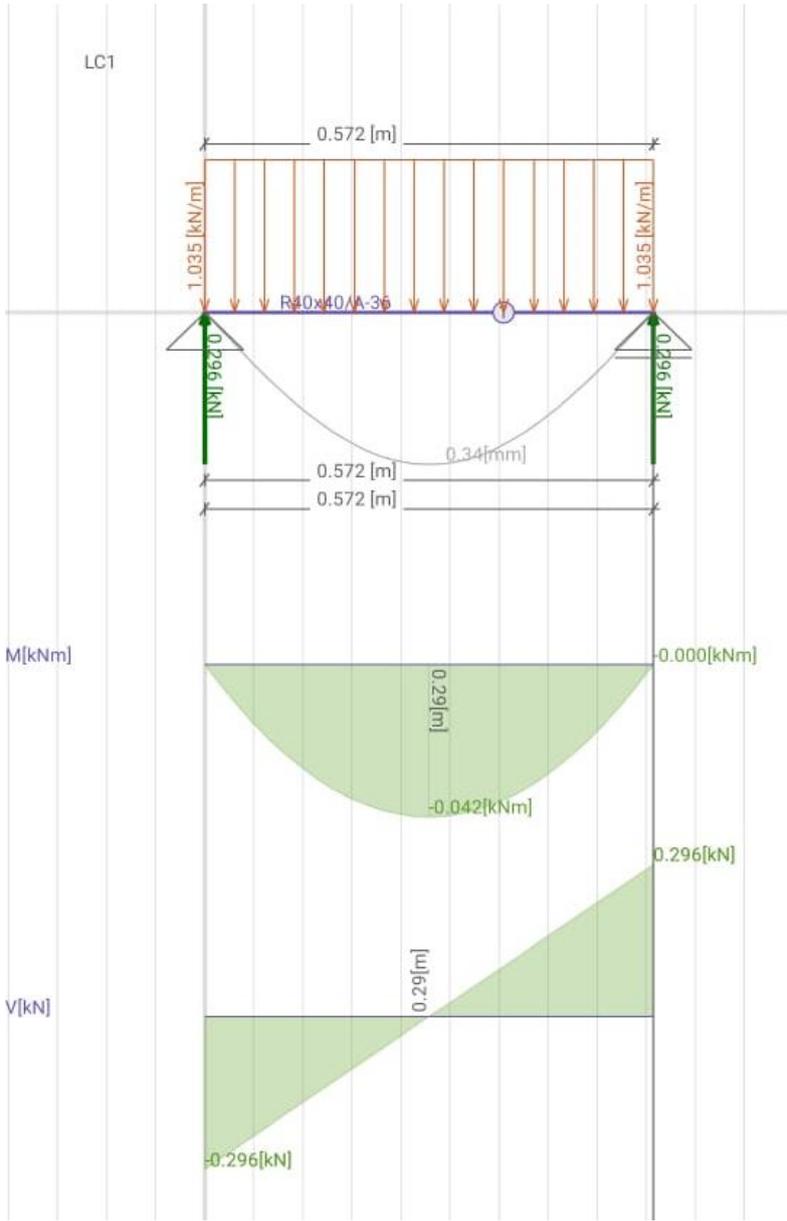


Figura 60: Gráficos de resultados generados por BEAM DESIGN¹⁴.

¹⁴ *BEAM DESIGN* es una aplicación *Android* para el análisis en el diseño de vigas mediante elementos finitos (LetsConstruct, 2022)

Donde:

Tabla 34: Resultados de momento y cortante máximo.

RESULTADOS DE BEAM DESIGN	
M_{max} :	42,313 N m
V_{max}	295,89 N

Para seleccionar el perfil estructural se determina el módulo de sección mínimo permisible aplicando la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{|M|_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde:

S_{min} : Módulo de sección mínimo.

$|M|_{max}$: Momento flector máximo.

σ_{perm} : Esfuerzo permisible.

Calculando:

$$S_{min} = \frac{42,313 \text{ Nm}}{2,5 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{min} = 1,69 \times 10^{-7} \text{ m}^3 = 0,169 \text{ cm}^3$$

Del “Manual de perfiles estructurales” de Gerdau Corsa (anexo M) se selecciona el perfil LM 40 x 3 proporcionando un módulo de sección de $1,24 \text{ cm}^3$.

Según *BEAM DESIGN*, la deformación máxima que experimenta el perfil *LM 40 x 3* es $0,34 \text{ mm}$.

A continuación, se presentan los resultados del análisis realizado en *SOLIDWORKS*:

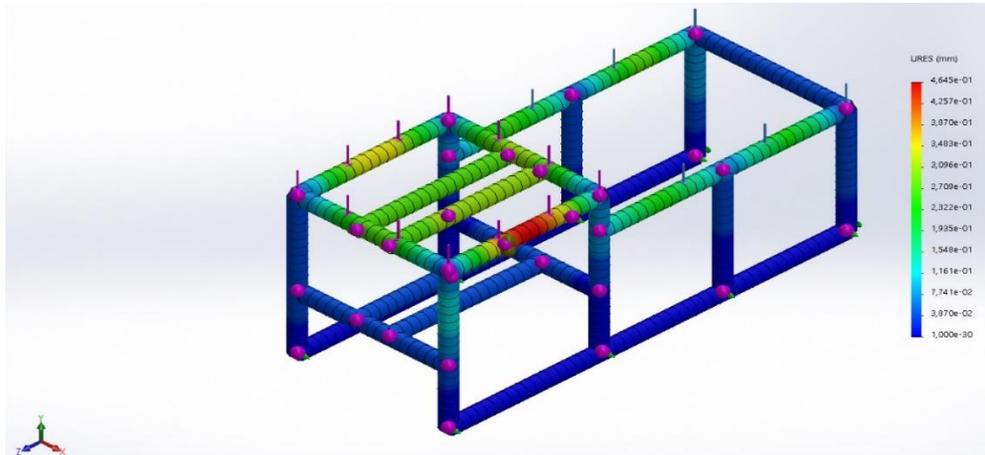


Figura 61: Resultados del análisis realizado en *SOLIDWORKS*.

La figura 61 muestra los resultados obtenidos del análisis estático en *SOLIDWORKS* de la sección del tambor de lavado y sus elementos. La deformación máxima que experimenta el perfil *LM 40 x 3* es $0,464 \text{ mm}$.

6.3.2. Vigas de soporte del motor.

La carga más representativa que soportará esta viga es el motor. Se trata de un motor WEG W22 con una masa de 254 Kg ($2651,14 \text{ N}$) distribuidos en dos vigas como se muestra en la imagen 62 del DCL:

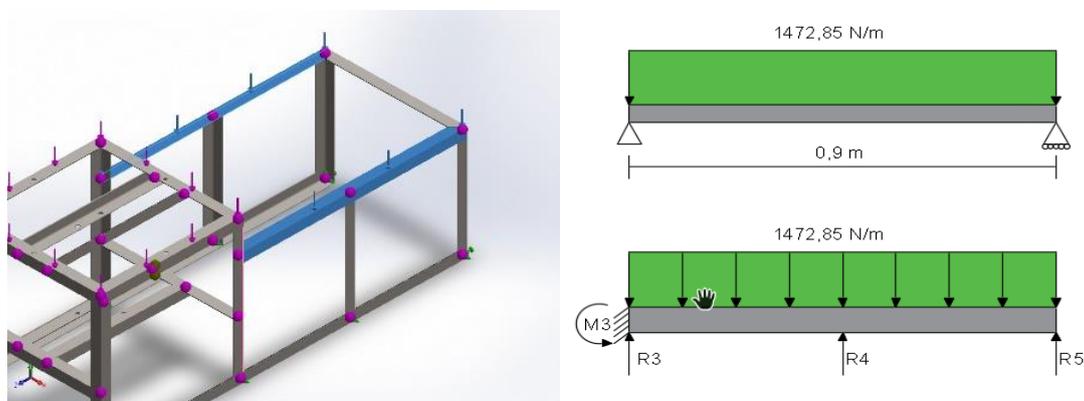


Figura 62: Diagrama de cuerpo libre de sección del marco de soporte del motor.

Para determinar el momento máximo flector se ingresan los valores de longitud y carga en la aplicación *BEAM DESIGN* que calcula y grafica el momento flector máximo y el cortante máximo. La figura 63 muestra los resultados:

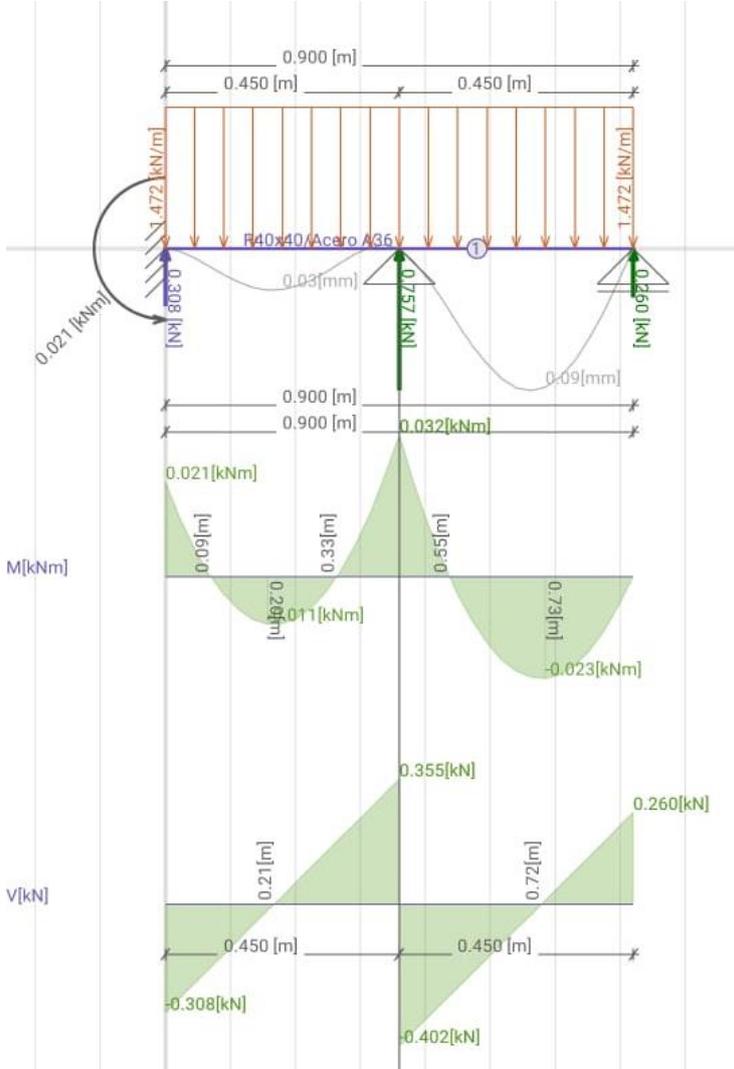


Figura 63: Gráficos de resultados generados por BEAM DESIGN.

Donde:

Tabla 35: Resultados de momento y cortante máximo.

RESULTADOS DE BEAM DESIGN	
M_{max} :	32 N m
V_{max}	0,402 N

Para seleccionar el perfil estructural se determina el módulo de sección mínimo permisible, calculando:

$$S_{\min} = \frac{32 Nm}{2,5 \times 10^8 \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{\min} = 1,28 \times 10^{-7} m^3 = 0,128 cm^3$$

Del “Manual de perfiles estructurales” se selecciona el perfil *LM 40 x 3* proporcionando un módulo de sección de $1,24 cm^3$

Según *BEAM DESIGN*, la deformación máxima que experimenta el perfil *LM 40 x 3* es $0,09 mm$.

A continuación, se presentan los resultados del análisis realizado en *SOLIDWORKS*:

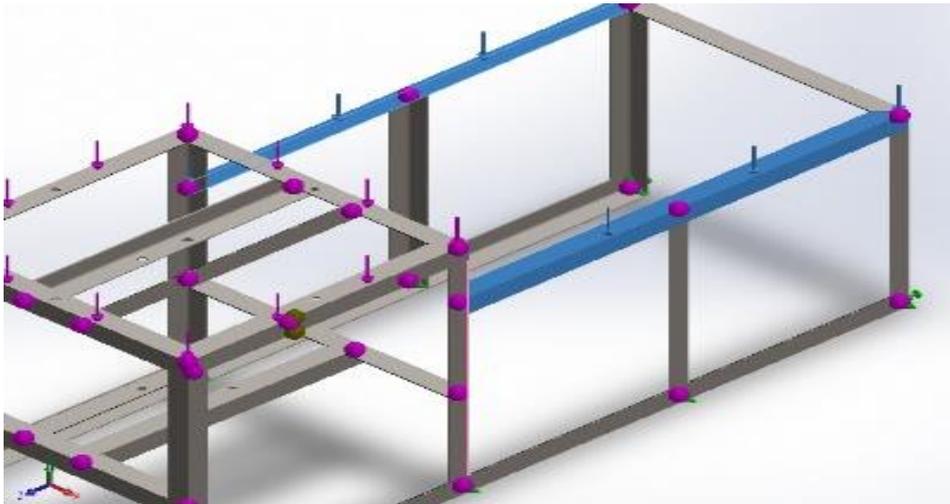


Figura 64: Resultados del análisis realizado en *SOLIDWORKS*.

La figura 64 muestra los resultados obtenidos del análisis estático en *SOLIDWORKS* de la sección del tambor de lavado y sus elementos. La deformación máxima que experimenta el perfil *LM 40 x 3* es aproximadamente $0,19 mm$.

6.3.3. Eje del portacuchillas.

En el eje, el esfuerzo por torsión más representativo se encuentre en la zona donde se inserta el portacuchillas debido a que al girar este golpeará constantemente el material plástico en el proceso de lavado.

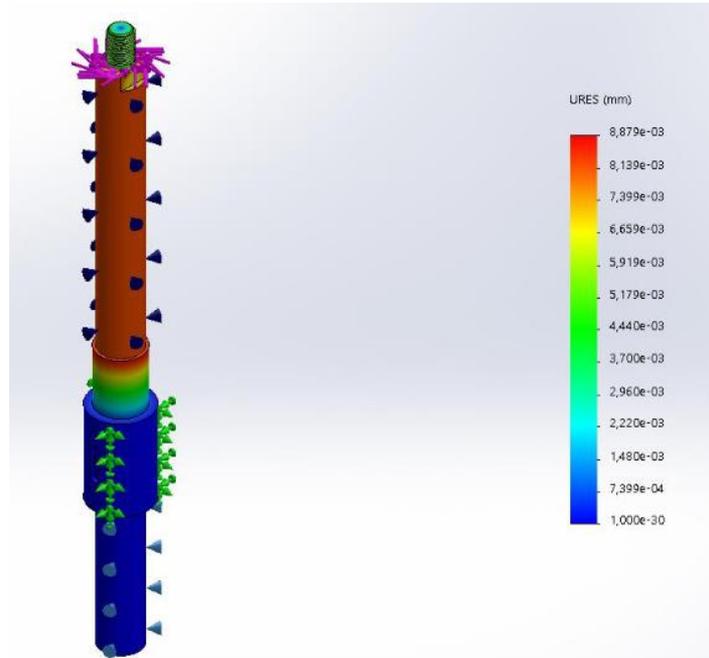


Figura 65: Resultado de análisis realizado al eje portacuchillas en SOLIDWORKS.

La figura 65 muestra los resultados obtenidos del análisis en *SOLIDWORKS* de la sección del portacuchillas. La deformación unitaria máxima producida por acción de torsión es $8,87e^{-3} mm$.

Los planos de la máquina de lavado y secado de plástico se presentan en el anexo N.

6.4. Diseño del sistema eléctrico.

6.4.1. Sistema eléctrico: circuito de mando.

A continuación, en la figura 66 se muestra la representación del circuito eléctrico de mando desarrollado en *SOLIDWORKS Electrical*:

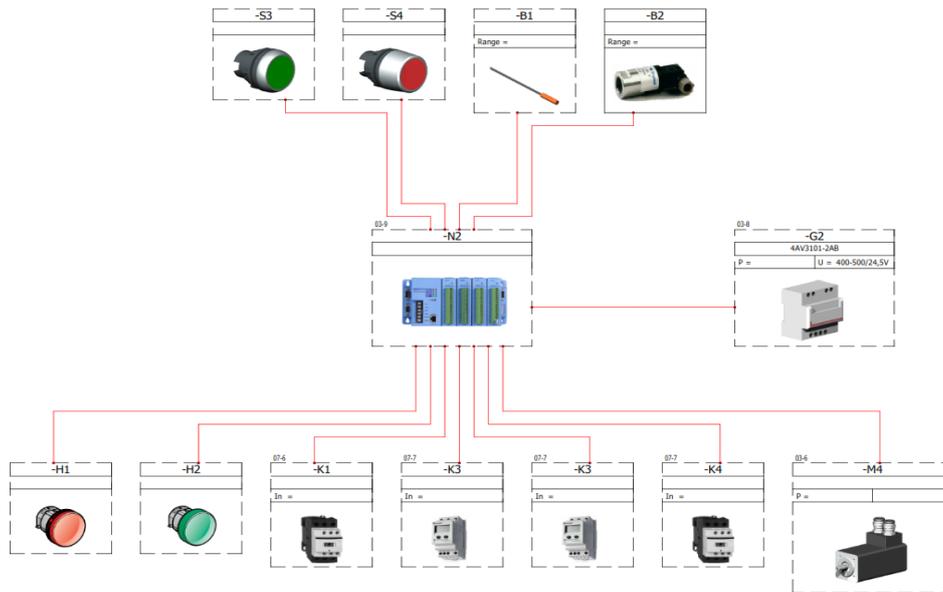


Figura 66: Representación del circuito eléctrico de mando.

En el anexo O se muestra el esquema del programa PLC del equipo de lavado y secado de plástico y la representación de las terminales del PLC.

6.4.2. Sistema eléctrico: circuito de fuerza.

A continuación, en la figura 67 se muestra la representación del circuito eléctrico de fuerza desarrollado en *SOLIDWORKS Electrical*:

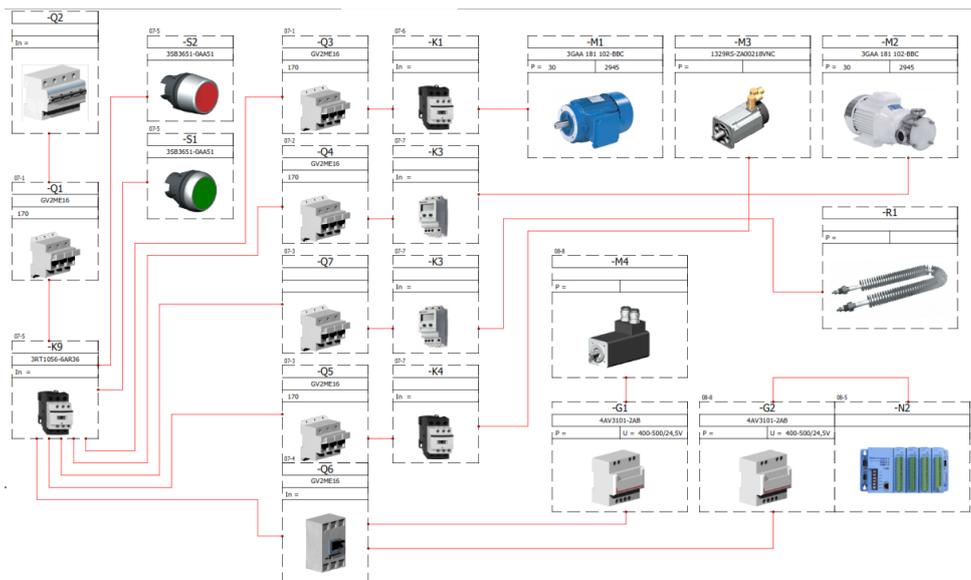


Figura 67: Representación del circuito eléctrico de fuerza.

En el anexo P se muestra el circuito de fuerza desarrollado en *SOLIDWORKS Electrical*.

6.5. Análisis del comportamiento de fluidos.

SolidWorks permite realizar análisis de comportamiento de fluidos como aire o agua. Para conocer el comportamiento del flujo de agua para las condiciones de lavado y el flujo de aire para las condiciones de secado se desarrolla el análisis del tambor.

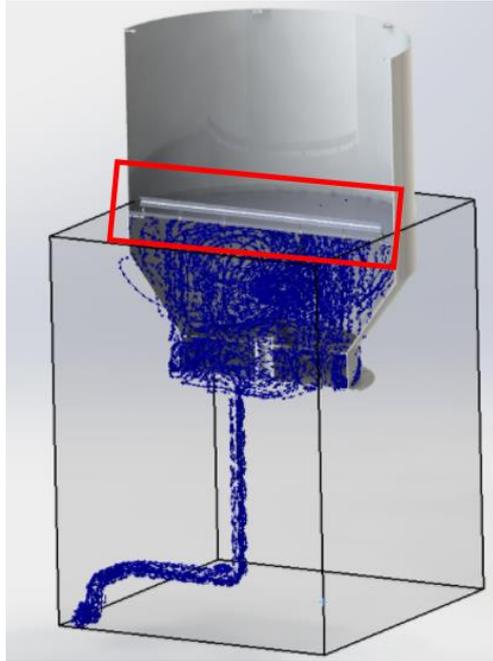


Figura 68: Simulación de flujo de agua en el tambor de la máquina.

La figura 68 muestra el comportamiento del agua al momento de salir de las boquillas de pulverización demostrando que la acción de aspersión logra cubrir el lugar donde se encontrará el plástico. El rectángulo de color rojo representa la tubería donde fluye el agua hacia las boquillas.

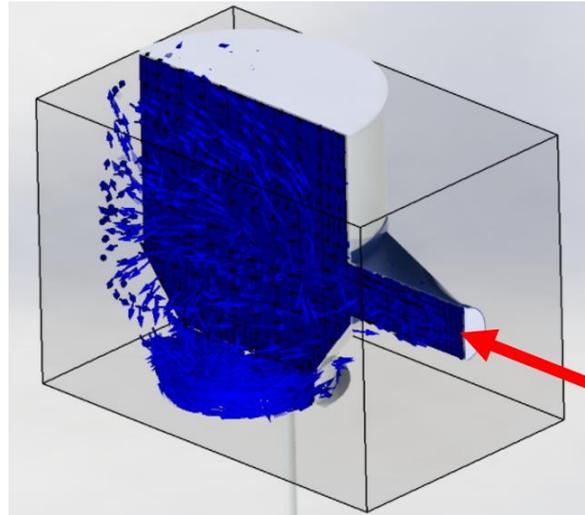


Figura 69: Simulación de flujo de aire caliente en el tambor de la máquina.

La figura 69 muestra el comportamiento del flujo de aire caliente al momento de ingresar al tambor demostrando que la acción del aire en el secado logra cubrir el lugar donde se encontrará el plástico. La flecha roja indica el ingreso del aire producido por el ventilador.

6.6. Diseño final.

A continuación, se muestra en las figuras 70, 71 Y 72 el renderizado del diseño final de la máquina para el lavado y secado de plástico:



Figura 70: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico – Perspectiva 1.



Figura 71: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico - Perspectiva 2.

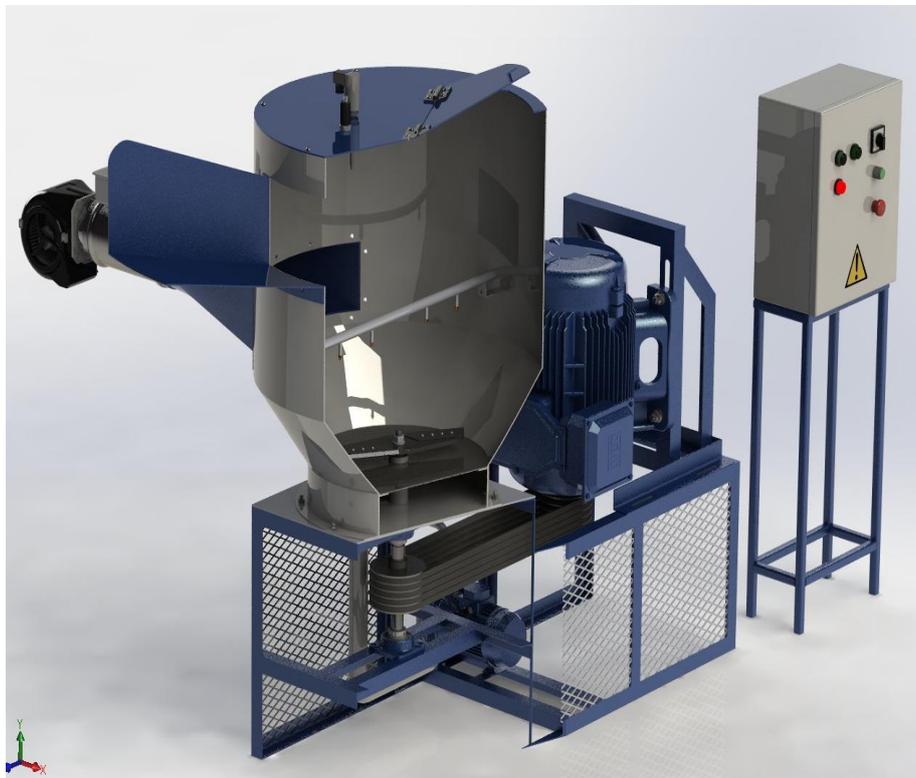


Figura 72: Diseño renderizado del equipo de lavado y secado de plástico – Perspectiva 3

7. ANÁLISIS DE COSTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LAVADORA Y SECADORA DE PLÁSTICO.

7.1. Costos directos.

Se consideran los costos directos a los costos de materiales, mano de obra y mecanizado.

7.1.1. Costo de materiales

La tabla 36 muestra el resumen de costos de materiales necesarios para la construcción de una lavadora y secadora de plástico:

Tabla 36: Resumen de costo de materiales.

COSTO DE MATERIALES	
Materiales:	\$5342,84
TOTAL:	\$5342,84

En el anexo Q, se detallan los costos de los materiales para la construcción del equipo de lavado y secado de plástico.

7.1.2. Costo de mano de obra y mecanizado

A continuación, la tabla 37 muestra el resumen de costos de mano de obra y mecanizado necesarios para la construcción de una lavadora y secadora de plástico:

Tabla 37: Resumen de costo de mano de obra y mecanizado.

COSTO DE MANO DE OBRA Y MECANIZADO	
Mano de obra y mecanizado:	\$975
TOTAL:	\$975

En el anexo R, se detallan los costos de mano de obra y mecanizado para la construcción del equipo de lavado y secado de plástico.

7.2. Costos indirectos.

Los costos indirectos corresponden a aquellos vinculados a la construcción del equipo de lavado de aquellos que contribuyen a conseguir el producto final. Únicamente, se considera el costo de ingeniería (diseño, análisis, simulación, etc.) como costo indirecto. La tabla 38 muestra el resumen de costos de ingeniería:

Tabla 38: Resumen de costo de ingeniería.

COSTO DE INGENIERÍA	
Actividades de ingeniería (diseño, análisis y simulación):	30 % del costo directo total ¹⁵
TOTAL:	\$1895,35

7.3. Costo total.

El costo total hace referencia a la suma de los rubros de materiales, mano de obra, mecanizado y costos de ingeniería. La tabla 39 muestra el resumen del costo total del equipo de lavado y secado de plástico:

Tabla 39: Costo total del equipo de lavado y secado de plástico.

COSTO DEL EQUIPO DE LAVADO Y SECADO DE PLÁSTICO	
Costo de materiales:	\$5342,84
Costo de mano de obra y mecanizado	\$ 975
Costo de ingeniería	\$1895,35
TOTAL:	\$8213,19

¹⁵ Se considera un promedio del 25% al 35% el costo de ingeniería respecto al costo directo total en base a experiencias personales.

8. CONCLUSIONES.

- Es posible diseñar una máquina multifuncional para la limpieza del plástico reciclado para la empresa Kaliflex en base a sus requerimientos productivos y optimizando el uso de recursos, energía y espacio físico.
- Identificar la situación actual permite conocer la realidad y el desempeño de una empresa. Kaliflex es una empresa dedicada a la inyección de plástico con procesos de lavado y secado muy artesanales, además de depender directamente de factores como el sol y el flujo natural del viento.
- La máquina de lavado y secado de plástico reciclado para Kaliflex se diseña para cumplir con una producción nominal de 50 Kg/h y acepta una sobrecarga del 20%.
- Con el fin de optimizar el uso del espacio físico, se desarrolla el diseño, cálculo y análisis mediante elementos finitos de un tambor multifuncional para cumplir con las actividades de lavado y secado.
- El secado en el tambor se realiza mediante el flujo de aire caliente producido por un grupo de resistencias de aletas y empujado por un ventilador centrífugo obteniendo como resultado que la carga de material tenga un secado uniforme.
- Un análisis mediante elementos finitos realizado en SOLIDWORKS permite validar los cálculos y seleccionar las vigas de la estructura soportante. La deformación máxima se produce en la zona del tambor bajo condiciones de sobrecarga siendo mediante cálculos y uso de elementos finitos de 0,34 mm y 0,46 mm, respectivamente.
- Para la selección de materiales, aquellos que se encuentran en contacto con agua o agentes químicos ocupa acero inoxidable AISI 304. El material para la estructura es acero A-36.
- El costo final efectivo del equipo de lavado y secado de plástico bordea aproximadamente los \$8300.

9. REFERENCIAS

- 3devo. (7 de Junio de 2022). *3devo support*. Obtenido de Troubleshooting: Oval or flat filament: <https://support.3devo.com/oval-flat-shaped-filament/>
- ADAJUSA. (s.f.). *Motoreductores trifásicos*. Obtenido de ADAJUSA. Tienda online de venta de materiales eléctricos, neumáticos y mecánicos: <https://adajusa.fr/es/motorreductores-trifasicos/14338-motorreductor-trifasico-025kw-033cv-230400vac-1500-rpm-relacion-20-t-40-70-rpm-8445340143383.html>
- Agro, sf. (s.f.). *Matriz de evaluación de soluciones*. Obtenido de Un puente desde la Facultad de Agronomía a las Escuelas Agropecuarias.: https://www.agro.uba.ar/unpuente/img/herramientas/matriz_evaluacion_soluciones.pdf
- Alarcón, I. (21 de Julio de 2021). Tres tipos de plásticos son más reciclables en Ecuador. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/tres-tipos-plasticos-reciclables-ecuador.html>
- Andres150748. (26 de Abril de 2022). *Tablas Selección de Correas*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/andres150748/tablas-seleccin-de-correaspdf>
- Askeland, D. R., & Wright, W. J. (2017). *Ciencia e ingeniería de materiales* (Septima ed.). México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Asturgó S.L. (s.f.). *Resistencias eléctricas*. Obtenido de https://asturgo.com/catalogos/CATALOGO_RESISTENCIAS_ASTURGO.pdf
- BBVA. (24 de Marzo de 2021). *¿Cómo se recicla el plástico y cuál es su objetivo?* Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-se-recicla-el-plastico-y-cual-es-su-objetivo/>
- Beer, F. P., & Johnston, R. E. (2010). *Mecánica de materiales* (Quinta ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.

- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. España: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona: Reverté.
- Bilurbina, L., & Liesa, F. (2019). *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/45861?page=4>
- BRR. (s.f.). *Poleas en V*. Obtenido de BRR. Refacciones industriales: <https://brr.mx/poleas/poleas-en-v/>
- Chica Larios, H., & Rodríguez Maza, Y. J. (2014). *Diseño del proceso de lavado y secado post - consumo para recipientes de polipropileno implementados en la recolección de aceite*. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe.
- Coba, G. (22 de Diciembre de 2020). Estas son las nuevas reglas para los plásticos de un solo uso en Ecuador. *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ecuador-aprobacion-plasticos-solo-uso/>
- Colaboradores de Wikipedia. (8 de Junio de 2021). Caucho sintético. Obtenido de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Caucho_sint%C3%A9tico&oldid=136185229
- Crawford, R. J., & Martin, P. J. (2020). *Plastics Engineering*. (Fourth ed.). Butterworth-Heinemann. doi:<https://doi.org/10.1016/C2015-0-00550-0>
- Creative Mechanisms Staff. (4 de Mayo de 2016). *What is Polypropylene (PP), and What is it Used For?* Obtenido de Everything You Need To Know About Polypropylene (PP) Plastic: <https://www.creativemechanisms.com/blog/all-about-polypropylene-pp-plastic>
- Cueva Moreno, O. V., & Saquina Caiza, L. G. (2017). Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 Kg. [*Tesis de grado*]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Digital Guide IONOS. (13 de Julio de 2020). *La casa de la calidad (House of Quality) en el desarrollo de productos*. Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/analisis-web/house-of-quality/>
- Enérgya VM. Grupo Villar Mir. (2 de Septiembre de 2019). *La segunda vida del plástico*. Obtenido de Enérgya VM: <https://www.energyavm.es/la-segunda-vida-del-plastico/>
- Fombuena Borràs, V., Fenollar Gimeno, O. Á., & Montañés Muñoz, N. (2016). *Caracterización de materiales poliméricos*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Garabiza, B. R., Prudente, E. A., & Quinde, K. N. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador:. *Revista Espacios*, 42. doi:10.48082/espacios-a21v42n02p17
- Geek Factory. (s.f.). *Termopar con Arduino y MAX6675 medición de temperatura*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales-arduino/termopar-con-arduino-y-max6675-medicion-de-temperatura/>
- Grupo WEG. (2017). Catálogo comercial . *W22 Motor Trifásico*. Jaraguá do Sul, Brasil.
- Gutiérrez Valencia, T. M., Chito Trujillo, D. M., & Cuervo Ochoa, G. (2019). *Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia*. Colombia: Universidad del Cauca.
- H. IKEUCHI & CO., LTD. (s.f.). *Boquilla de pulverización GSPB series*. Obtenido de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/h-ikeuchi-co-ltd/product-29303-1761985.html>
- Harutun, K. G. (Ed.). (2003). *Handbook of polypropylene and polypropylene composites* (2nd ed.). Marcel Dekker.
- Heros. (s.f.). *Agglutinadoras maquinaria para reciclaje de plástico*. Obtenido de Ocompra: <https://www.ocompra.com/colombia/item/aglutinadoras-maquinaria-para-reciclaje-de-plastico-488106688/>

- Herrero, A. (12 de Febrero de 2021). El viaje de los envases para darles una segunda vida. *El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2021/02/12/6022ab96fc6c837b168b45a3.html>
- IKEUCHI. (s.f.). *Hydraulic spray nozzles*. Obtenido de H. Ikeuchi & Co., Ltd. "The fog engineers": <https://www.ikeuchi.eu/wp-content/uploads/2018/11/Hydraulic-Nozzles-Catalog-EN-IKEUCHI.pdf>
- Importadora Lopez. (s.f.). *Llego extrusoras, flexograficas, confeccionadoras de bolsas, inyectoras y sopladoras*. Obtenido de evisos: <https://cochabambacity.evisos.com.bo/pictures/llego-extrusoras-flexograficas-confeccionadoras-de-bolsas-inyectoras-y-sopladoras-id-132128>
- Intermec. (s.f.). *Poleas en "V". Transmisión de potencia*. Obtenido de Intermec. Productos mecánicos para transmisión de potencia: http://contenidos.rodamin.cl/notas/ficheros/26-03-2018_14-57-32_92162676.pdf
- KANTATI. (s.f.). *KANTATI. Fabrica de plásticos ecuatoriana*. Obtenido de <https://www.kantati.com/producto/balde-12-lts-eco-c-tapa/>
- La Red. (s.f.). *El proceso de reciclaje de plástico*. Obtenido de La Red. Reciclados plásticos: <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>
- LetsConstruct. (2 de Febrero de 2022). Obtenido de Beam Design: <https://chrome.google.com/webstore/detail/beamdesign/liicfikddjbndnfgolagaccpafolpme?hl=es>
- Liera R., F. (27 de 06 de 2017). *Tecnología de los polímeros*. Obtenido de Reacción de polimerización por condensación.: <https://tecnologiadelospolimeros.wordpress.com/2017/06/27/reacciones-de-polimerizacion-por-condensacion/>
- Maddah, H. A. (2016). *Polypropylene as a Promising Plastic: A Review*. American Journal of Polymer Science. doi:10.5923

- Megyesy, E. F. (1992). *Manual de recipientes a presión. Diseño y cálculo* (Primera ed.). (R. García Díaz, Ed.) México, D.F.: Limusa, S.A de C.V.
- Méndez Prieto, A. (28 de Enero de 2022). *Procesabilidad y sustentabilidad del polipropileno: consideraciones de proceso*. Obtenido de Plastics Technology México: <https://www.pt-mexico.com/articulos/procesabilidad-y-sustentabilidad-del-polipropileno-consideraciones-de-proceso>
- Ministerio de producción. (2021). *Libro blanco de economía circular de Ecuador*. Ministerio de producción. Comercio exterior. Inversiones y pesca.
- Montalvo Soberón, L. A. (2007). *Plásticos industriales y su procesamiento*. El Cid Editor. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/34450?page=1>
- Morán, S. (23 de Junio de 2020). Plan V. *Ecuador, ahogado en basura, está lejos de cumplir las metas de los ODS al 2030*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/ecuador-ahogado-basura-esta-lejos-cumplir-metas-ods-al-2030>
- Morán, S. (10 de Noviembre de 2020). Plan V. *Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador>
- Mujumdar, A. S. (Ed.). (2014). *Handbook of industrial drying, Fourth edition* (Fourth ed. ed.). CRC Press.
- Naciones Unidas. (30 de Mayo de 2021). *El uso exagerado del plástico durante la pandemia de COVID-19 afecta a los más vulnerables*. Obtenido de Noticias ONU. Mirada global historias humanas. : <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490302>
- Naylamp Mechatronics. (s.f.). *Sensor de temperatura RTD PT100 (3 hilos)*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/322-sensor-de-temperatura-pt100-3-hilos.html>

- Novomak. (s.f.). *Tornillo Transportador*. Obtenido de Novomak. Fabricantes de máquinas y equipos agroindustriales: <http://www.novomakmaquinarias.com/tamiz-oscilatorio-de-control-rkes/>
- OECD. (2022). Global Plastics Outlook. Economic drivers, environmental impacts and policy options. 24.
- Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI. (2021). Proceso para la descontaminación de plástico reciclado. *Portal de oferta tecnológica*, 4.
- Painter, P. C., Coleman, M. M., Fernandez - Berridi, M. J., & Irwin, J. J. (2019). *Fundamentos de Ciencia de Polimeros. Un texto introductorio*. Boca Raton: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9780367812065>
- Parlamento Europeo. (22 de Noviembre de 2018). *Microplásticos: causas, efectos y soluciones*. Obtenido de Noticias. Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181116STO19217/microplasticos-causas-efectos-y-soluciones>
- Peacock, A. J., & Calhoun, A. (2012). *Polymer Chemistry: Properties and application*. Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG.
- Peng, Y., Wu, P., Schartup, A. T., & Zhang, Y. (2021). Plastic waste release caused by COVID-19 and its fate in the global ocean. *PNAS*, 47.
- Plastic Garbage Project. (s.f.). *El plástico en la vida cotidiana*. Recuperado el 7 de Mayo de 2022, de <https://www.plasticgarbageproject.org/es/vida-plastico>
- Plastics Europe. (2020). *EU plastics production and demand - first estimates for 2020*. Obtenido de Plastics Europe. Enabling a sustainable future: <https://plasticseurope.org/media/eu-plastics-production-and-demand-first-estimates-for-2020-2/#:~:text=According%20to%20the%20Eurostat%20production,the%20lowest%20figure%20since%202014.>

- Pregunta. (2020). Obtenido de Foros: Rajadura en el tanque de agua plástico: <https://www.yoreparo.com/es/hogar/sanitaria/preguntas/1006021/rajadura-en-el-tanque-de-agua-plastico>
- Ramis, J. X. (13 de Enero de 1994). Estudio de la eficiencia de sistemas químicos del curado de resinas de poliéster insaturado. (Tesis doctoral). España: UPC, Departament de Màquines i Motors Tèrmics. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/93997>
- Recytrans. (25 de Junio de 2014). *Recytrans: Soluciones globales para el reciclaje*. Obtenido de Recytrans.: <https://www.recytrans.com/blog/el-reciclaje-del-plastico/>
- REPSOL. (s.f.). *Economía Circular*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/index.cshtml>
- Riba Romeva, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, España: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Roymaplast. (2017). *Roymaplast, S.L.* Obtenido de Mecanismos de polimerización catalítica: <http://roymaplast.com/mecanismos-polimerizacion-catalitica/>
- Sensovant. (s.f.). *Sensor de humedad capacitivo EE220*. Obtenido de Sensovant. Smart sensing: <https://www.sensovant.com/productos/humedad/industriales/articulo/transmisor-de-humedad-sensor-de-temperatura-ee22.html>
- Shaikh, Z. (28 de Febrero de 2022). Plastic washing plant call 9769186777 [Video]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=QpBLpyL7iy4>
- Smith, W. F., & Hashemi, J. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. (G. Nagore Cázares , & P. A. González Caver, Trads.) México, D.F.: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.
- Sodeca. (s.f.). *Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos*. Obtenido de https://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_Centrifugos_2018_ES.pdf
- Soler&Palau. (s.f.). *Capítulo 5: Cálculos y aplicación práctica para una circulación de aire por conductos*. Obtenido de Soler&Palau. Ventilation group:

<https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/mven/Capitulo%205%20Manual%20de%20Ventilacion.pdf>

Sparkfun Electronics. (s.f.). *Sensor de Humedad del Suelo SparkFun con Terminales Roscados*. Obtenido de Robotshop: <https://www.robotshop.com/us/es/sensor-humedad-del-suelo-sparkfun-con-terminales-roscados.html>

Spraying Systems Co. (s.f.). *Industrial Hydraulic. Spray Products*. Obtenido de Spraying systems Co. Experts in spray technology.: https://www.spray.com/es-es/-/media/dam/industrial/usa/sales-material/catalog/cat75hyd_metric.pdf

The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE). (s.f.). The circularity GAP report. *Circle Economy*, 69.

U.S. Solid. (s.f.). *Válvula solenoide eléctrica de latón de 2.0 in*. Obtenido de Amazon : <https://www.amazon.com/-/es/V%C3%A1lvula-solenoide-el%C3%A9ctrica-normalmente-cerrada/dp/B007N0AIRU>

Universidad de Málaga. (s.f.). Obtenido de Tema 5: Estructura y aplicaciones de los polímeros: http://webdeptos.uma.es/qicm/doc_docencia/tema5_cm.pdf

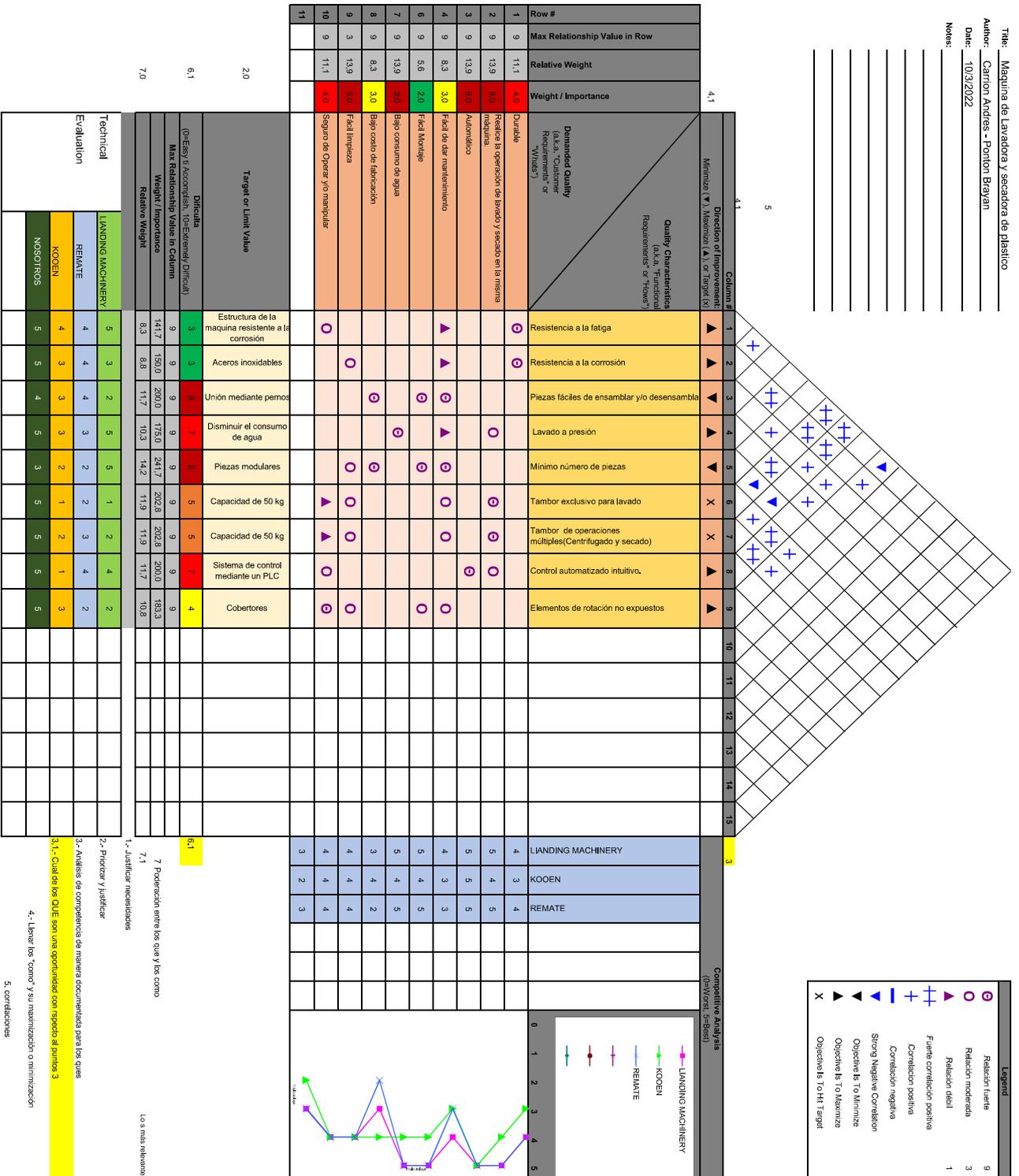
Verdejo, E. A. (2014). Obtención de material plástico reciclado de alta. *Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA 2014)*, 12.

Villalba Aguilera, H. (2017). *¿Cómo instalar un tanque elevado?* Obtenido de <https://docplayer.es/51970671-Como-instalar-un-tanque-elevado.html>

ANEXOS.

Anexo A: Despliegue de la función de calidad del equipo de lavado y secado de plástico.

Title: Máquina de Lavadora y secadora de plastico
 Author: Carron Andres - Ponton Brayán
 Date: 10/30/2022
 Notes:



6.1

2.0

7.0

Target or Limit Value

Dificultad (0=Easy / Accomplish, 9=Extremely Difficult)

Max Relationship Value in Column

Weight / Importance

Relative Weight

Technical Evaluation

LANDING MACHINERY

REIMATE

KOOEN

NOSOTROS

1.- Justificar necesidades

2.- Proyectar y justificar

3.- Analisis de competencia de manera documental para los ques

3.1.- Cual de los QJEs son una oportunidad con respecto al punto 3

4.- Llenar los "como" y su maximización o minimización

5.- corroborar

7.1

7. Proyección entre los que y las como

Los 9 más relevantes

Anexo B: Características del acero inoxidable 304 de DIPAC.

ACERO INOXIDABLE



Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrítico	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensítico	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

PLANCHAS

ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

ESPEORES desde 0.40-15mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)
1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Norma: AISI 201

Especificaciones Generales:

ESPEORES desde 0.70-3mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)
1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 201
	ASTM	201
	DIN	XXX

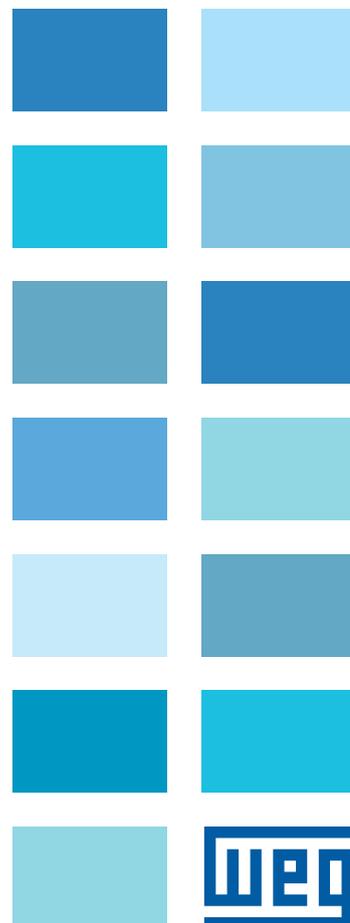
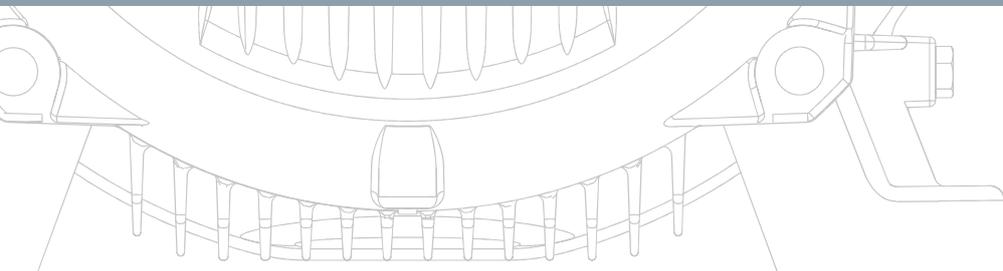
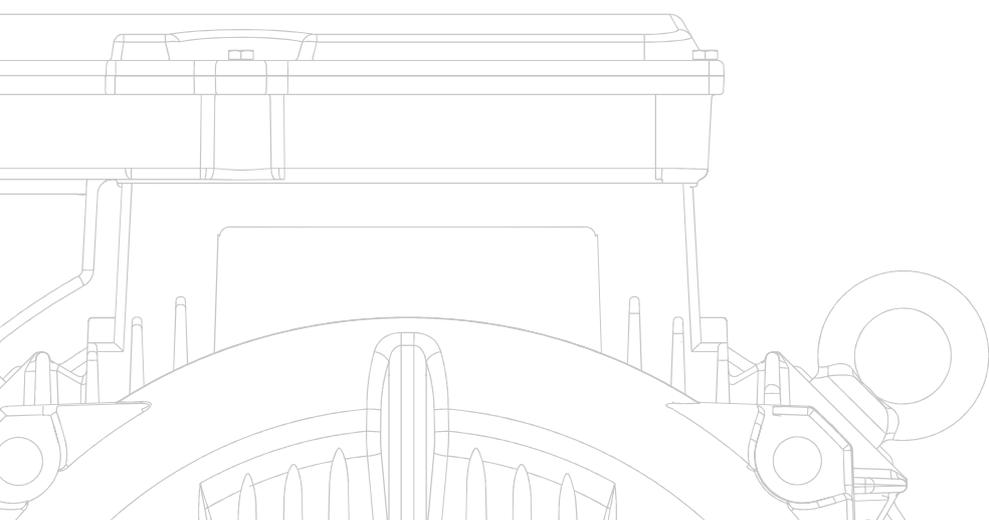


Es un acero al cromo, manganeso, níquel con excelentes propiedades de tensión. Ofrece buena resistencia a la corrosión y a muchos agentes corrosivos moderados.

W22

Motor Trifásico

Catálogo Comercial
Mercado
Latino-americano



W22 - Diseño de los componentes

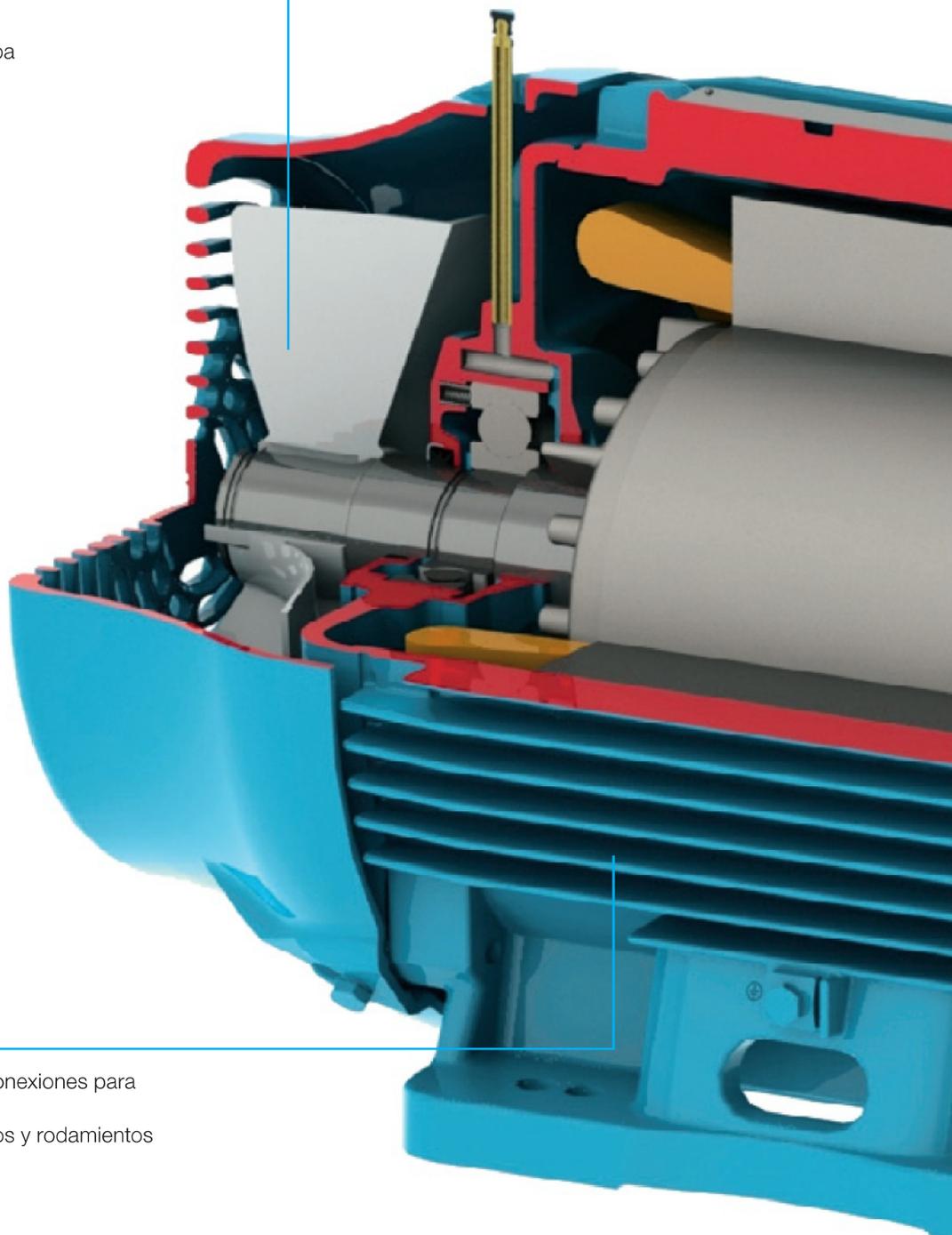
Sistema de Refrigeración

Tapa Deflectora

- Concepto aerodinámico
- Reducción del nivel de ruido para algunas carcasas
- Fácil montaje
- Mejor distribución del flujo de aire arriba de la carcasa
- Aumento de la resistencia mecánica

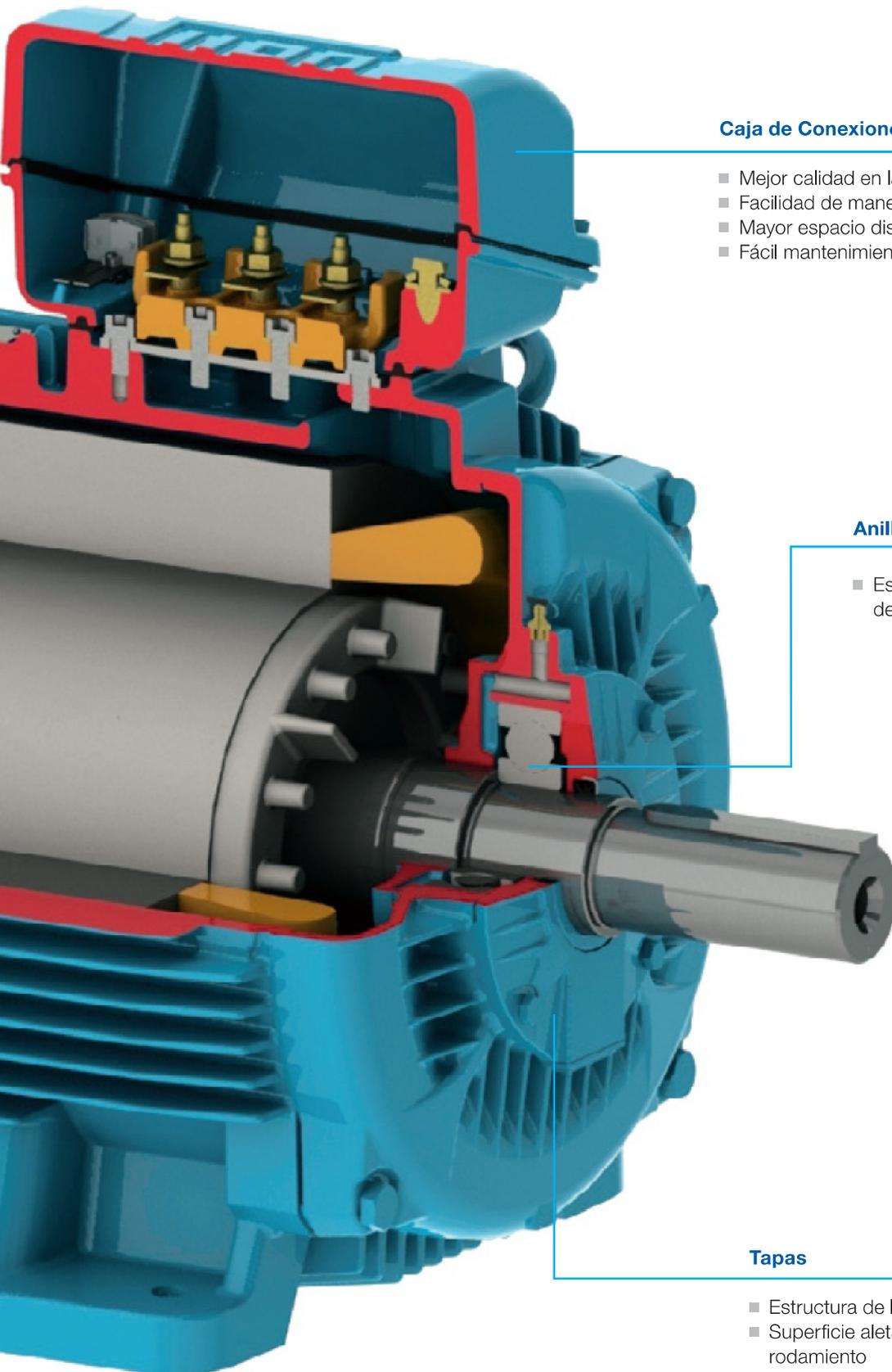
Ventilador

- Reducción del número de aletas
- Estructura del núcleo del ventilador reforzada
- Reducción del ruido
- Aumento del flujo de aire
- Ventilador con mayor rigidez



Carcasa

- Cambio en la posición de la caja de conexiones para algunas carcasas (B3D x B3E)
- Temperatura reducida en los bobinados y rodamientos
- Reducción del nivel de ruido



Caja de Conexiones

- Mejor calidad en las conexiones
- Facilidad de manejo de los cables durante la instalación
- Mayor espacio disponible para instalación de accesorios
- Fácil mantenimiento

Anillos de Fijación de los Rodamientos

- Estructura reforzada para evitar deformación durante el mecanizado

Tapas

- Estructura de la tapa reforzada
- Superficie aletada para mejor disipación del calor del rodamiento



W22 - Eficiencia Premium - 60 Hz

Potencia	Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado II/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm ²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)		
			Letra	Ia/In				Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Corriente nominal				
													Rendimiento				Factor de potencia			
HP	kW												50	75	100	50	75	100		
VI polos																				
1	0,75	143/5T	6,11	K	6,2	2,6	3,0	0,0067	28	62	24,0	49,0	1150	77,0	82,0	82,5	0,45	0,57	0,66	1,73
1,5	1,1	182/4T	9,01	M	7,8	3,2	4,0	0,0206	16	35	31,9	52,0	1170	84,0	86,5	87,5	0,45	0,54	0,62	2,54
2	1,5	182/4T	12,0	L	7,5	3,0	3,5	0,0262	31	68	39,7	52,0	1170	86,5	87,5	88,5	0,46	0,58	0,66	3,22
3	2,2	213/5T	17,9	K	7,0	2,0	2,8	0,0504	58	128	55,0	55,0	1175	86,5	88,5	89,5	0,50	0,63	0,70	4,41
5	3,7	213/5T	30,0	J	6,8	1,7	2,6	0,0620	57	125	73,5	55,0	1170	88,5	89,5	89,5	0,58	0,70	0,76	6,83
7,5	5,5	254/6T	44,8	H	6,8	2,5	3,0	0,1652	30	66	119	59,0	1175	89,5	90,2	91,0	0,63	0,74	0,80	9,48
10	7,5	254/6T	59,8	H	6,5	2,3	2,8	0,1867	26	57	131	59,0	1175	90,2	91,0	91,0	0,63	0,74	0,80	12,9
15	11	284/6T	89,7	G	6,4	2,3	2,7	0,3310	20	44	172	59,0	1175	91,0	91,7	91,7	0,69	0,80	0,84	17,9
20	15	284/6T	120	G	6,2	2,3	2,6	0,3861	16	35	193	59,0	1175	91,0	91,7	91,7	0,70	0,80	0,85	24,2
25	18,5	324/6T	149	G	6,2	2,1	2,6	0,4843	26	57	254	62,0	1180	91,7	93,0	93,0	0,65	0,77	0,82	30,4
30	22	324/6T	179	G	6,2	2,3	2,6	0,5561	21	46	285	62,0	1180	91,7	93,0	93,0	0,65	0,76	0,82	36,2
40	30	364/5T	237	G	6,4	2,0	2,4	1,22	21	46	378	66,0	1185	93,6	93,6	94,1	0,73	0,82	0,86	46,5
50	37	364/5T	298	G	6,4	2,0	2,4	1,36	18	40	394	66,0	1180	93,6	94,1	94,1	0,74	0,83	0,86	57,4
60	45	404/5T	356	H	7,1	2,0	2,3	1,55	20	44	470	68,0	1185	94,1	94,5	94,5	0,74	0,82	0,86	69,5
75	55	404/5T	446	G	6,4	2,0	2,3	1,69	17	37	494	68,0	1180	94,1	94,5	94,5	0,74	0,83	0,86	84,9
100	75	444/5T	593	G	6,2	2,2	2,6	3,68	20	44	715	69,0	1185	94,5	95,0	95,0	0,68	0,78	0,82	121
125	90	444/5T	741	G	6,4	2,1	2,4	4,37	19	42	794	69,0	1185	95,0	95,4	95,0	0,70	0,79	0,83	143
150	110	445/7T	889	G	6,2	2,4	2,6	5,63	20	44	926	69,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,67	0,78	0,82	176
200	150	447/9T	1181	G	6,6	2,3	2,4	6,09	15	33	1019	70,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	237
250	185	447/9T	1482	G	6,1	2,4	2,4	6,09	12	26	1151	70,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	292
300	220	447/9T	1771	J	7,7	2,7	3,0	6,09	10	22	1185	70,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,63	0,75	0,81	356
350	260	586/7T	2066	G	6,0	2,0	2,1	13,8	29	64	1716	77,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,67	0,77	0,81	421
400	300	586/7T	2361	G	6,0	2,2	2,1	15,5	29	64	1866	77,0	1190	95,4	95,8	96,2	0,67	0,77	0,81	483
450	330	586/7T	2656	G	6,1	2,1	2,1	15,5	25	55	1988	77,0	1190	95,8	96,2	96,2	0,67	0,77	0,81	532
500	370	586/7T	2951	G	6,0	2,2	2,1	15,5	25	55	1997	77,0	1190	95,8	96,2	96,2	0,66	0,76	0,80	603
550	400	588/9T	3246	G	6,5	2,2	2,3	16,4	30	66	2147	77,0	1190	95,2	96,0	96,1	0,63	0,74	0,79	661
600	440	588/9T	3541	H	6,5	2,2	2,3	18,9	31	68	2346	77,0	1190	95,4	96,1	96,2	0,63	0,74	0,79	743

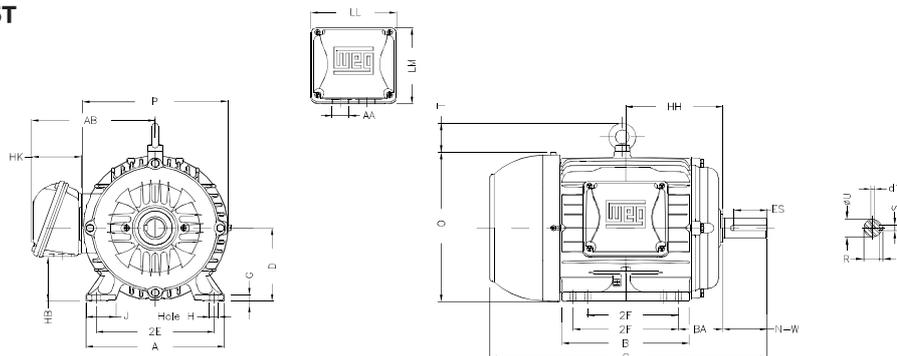
Opcionales

2	1,5	L182/4T	12,0	L	7,5	3,0	3,5	0,0262	31	68	39,7	52,0	1170	86,5	87,5	88,5	0,46	0,58	0,66	3,22
15	11	284/6TS	89,7	G	6,4	2,3	2,7	0,3310	20	44	172	59,0	1175	91,0	91,7	91,7	0,69	0,80	0,84	17,9
20	15	284/6TS	120	G	6,2	2,3	2,6	0,3861	16	35	193	59,0	1175	91,0	91,7	91,7	0,70	0,80	0,85	24,2
25	18,5	324TS	149	G	6,2	2,1	2,6	0,4843	26	57	254	62,0	1180	91,7	93,0	93,0	0,65	0,77	0,82	30,4
25	18,5	326TS	149	G	6,2	2,1	2,6	0,4843	26	57	254	62,0	1180	91,7	93,0	93,0	0,65	0,77	0,82	30,4
30	22	326TS	179	G	6,2	2,3	2,6	0,5561	21	46	285	62,0	1180	91,7	93,0	93,0	0,65	0,76	0,82	36,2
30	22	364/5T	179	G	6,2	1,9	2,4	0,5561	27	59	354	66,0	1180	93,0	93,6	93,0	0,72	0,81	0,85	34,9
30	22	364/5TS	179	G	6,2	1,9	2,4	0,5561	27	59	354	66,0	1180	93,0	93,6	93,0	0,72	0,81	0,85	34,9
40	30	364/5TS	237	G	6,4	2,0	2,4	1,22	21	46	378	66,0	1185	93,6	93,6	94,1	0,73	0,82	0,86	46,5
50	37	364/5TS	298	G	6,4	2,0	2,4	1,36	18	40	394	66,0	1180	93,6	94,1	94,1	0,74	0,83	0,86	57,4
50	37	404/5T	298	G	6,3	2,0	2,4	1,36	20	44	442	68,0	1180	93,6	94,1	94,1	0,73	0,82	0,85	58,1
50	37	404/5TS	298	G	6,3	2,0	2,4	1,36	20	44	442	68,0	1180	93,6	94,1	94,1	0,73	0,82	0,85	58,1
60	45	404/5TS	356	H	7,1	2,0	2,3	1,55	20	44	470	68,0	1185	94,1	94,5	94,5	0,74	0,82	0,86	69,5
75	55	404/5TS	446	G	6,4	2,0	2,3	1,69	17	37	494	68,0	1180	94,1	94,5	94,5	0,74	0,83	0,86	84,9
100	75	444/5TS	593	G	6,2	2,2	2,6	3,68	20	44	715	69,0	1185	94,5	95,0	95,0	0,68	0,78	0,82	121
125	90	444/5TS	741	G	6,4	2,1	2,4	4,37	19	42	794	69,0	1185	95,0	95,4	95,0	0,70	0,79	0,83	143
150	110	504/5T	885	G	6,2	2,3	2,5	5,63	29	64	1020	70,0	1190	94,5	95,4	95,8	0,67	0,78	0,82	176
150	110	504/5TS	885	G	6,2	2,3	2,5	5,63	29	64	1020	70,0	1190	94,5	95,4	95,8	0,67	0,78	0,82	176
150	110	445/7TS	889	G	6,2	2,4	2,6	5,63	20	44	926	69,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,67	0,78	0,82	176
200	150	447/9TS	1181	G	6,6	2,3	2,4	6,09	15	33	1019	70,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	237
200	150	504/5T	1181	G	6,2	2,2	2,3	6,09	21	46	1115	70,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,70	0,80	0,83	237
200	150	504/5TS	1181	G	6,2	2,2	2,3	6,09	21	46	1115	70,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,70	0,80	0,83	237
200	150	445/7T	1185	G	6,3	2,3	2,4	6,09	15	33	1019	69,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	237
200	150	445/7TS	1185	G	6,3	2,3	2,4	6,09	15	33	1019	69,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	237
250	185	447/9TS	1482	G	6,1	2,4	2,4	6,09	12	26	1151	70,0	1185	95,0	95,4	95,8	0,68	0,79	0,83	292
250	185	586/7T	1476	G	6,1	1,9	2,1	9,53	30	66	1454	77,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,68	0,77	0,81	299
250	185	586/7TS	1476	G	6,1	1,9	2,1	9,53	30	66	1454	77,0	1190	95,0	95,4	95,8	0,68	0,77	0,81	299
300	220	447/9TS	1771	J	7,7	2,7	3,0	6,09	10	22	1185	70,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,63	0,75	0,81	356
300	220	586/7T	1771	G	6,0	2,0	2,0	11,7	30	66	1585	77,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,69	0,78	0,81	356
300	220	586/7TS	1771	G	6,0	2,0	2,0	11,7	30	66	1585	77,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,69	0,78	0,81	356
300	220	L447/9T	1771	G	6,7	2,5	2,4	11,7	18	40	1670	71,0	1190	95,7	95,8	95,8	0,72	0,81	0,84	343
300	220	L447/9TS	1771	G	6,7	2,5	2,4	11,7	18	40	1670	71,0	1190	95,7	95,8	95,8	0,72	0,81	0,84	343
350	260	586/7TS	2066	G	6,0	2,0	2,1	13,8	29	64	1716	77,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,67	0,77	0,81	421
350	260	L447/9T	2066	H	6,9	2,5	2,7	11,7	23	51	1621	71,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,66	0,77	0,82	415
350	260	L447/9TS	2066	H	6,9	2,5	2,7	11,7	23	51	1621	71,0	1190	95,4	95,8	95,8	0,66	0,77	0,82	415
400	300	586/7TS	2361	G	6,0	2,2	2,1	15,5	29	64	1866	77,0	1190	95,4	95,8	96,2	0,67	0,77	0,81	483
400	300	L447/9T*	2																	

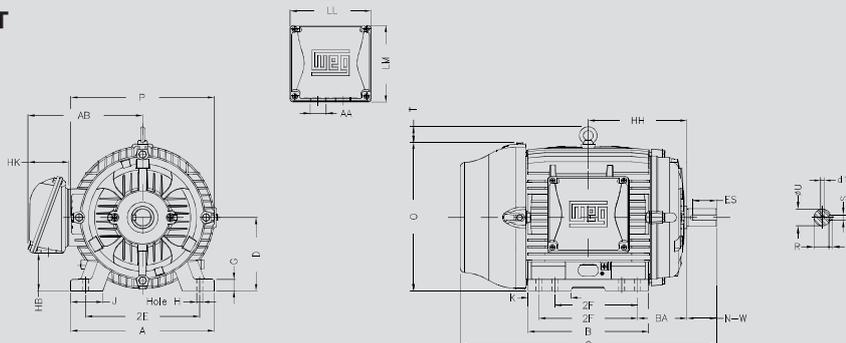
Datos Mecánicos

W22 - Estructuras Mecánicas

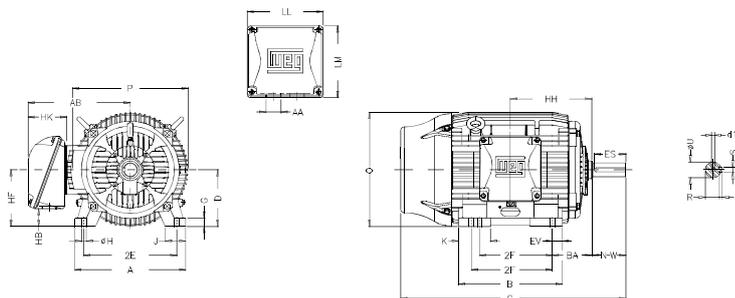
Carcasa 143 a 215T



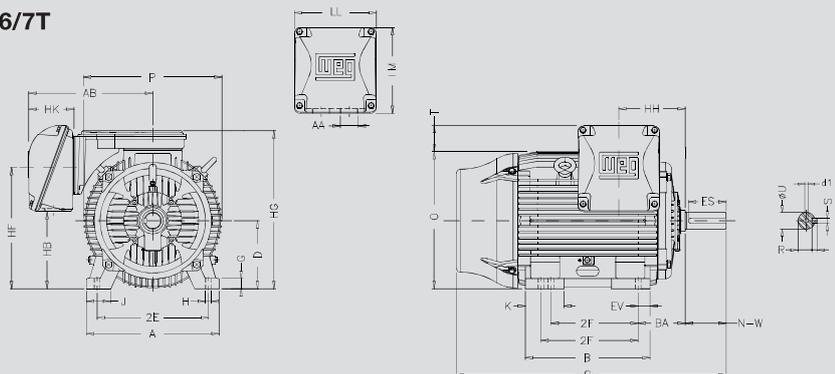
Carcasa 254T a 326T



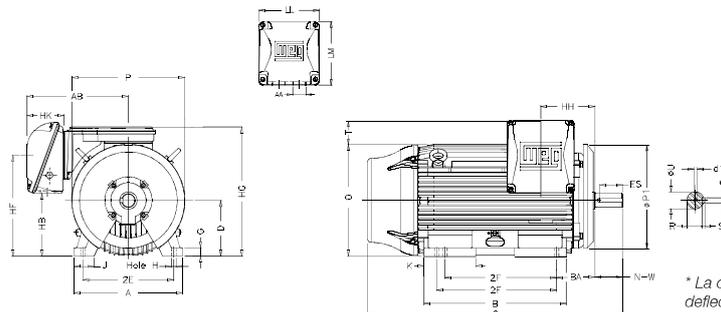
Carcasa 364T a 444/5T



Carcasa 445/7T a 586/7T



Carcasa 588/9T



* La carcasa 588/9T está equipada con un deflector de aire en la tapa delantera. En este caso la dimensión P1 será 34.650".

Carcasa	2E	2F	A	AA	AB	B	BA	C	D	EV	G	HB	T=0	HF	HG	HH	HK															
143/5T	5.500	4.000/5.000	6.457	NPT 3/4"	6.260	6.142	2.250	13.358	3.500		0.354	1.787	7.129	3.500		4.750	2.638															
145T		5.000																														
182T	7.500	4.500	8.661	NPT 1"	7.565	6.945	2.750	14.860	4.500		0.394	2.236	11.115	4.500		5.000	3.150															
182/4T		4.500/5.500																														
L182/4T		4.500/5.500																														
184T		5.500																														
213T	8.500	5.500	9.764		8.583	8.858	3.500	18.021	5.250		0.669	2.985	12.613	5.250		6.250	7.000															
213/5T		5.500/7.000																														
215T		7.000																														
254T	10.000	8.252	11.496		10.483	11.732	4.250	23.213	6.250		0.669	3.061	14.961	6.565		8.376	9.250															
254/6T		8.252/10.000																														
256T		10.000																														
284TS	11.000	9.500	13.780	NPT 1 1/2"	11.073	13.071	4.750	25.061	7.000		1.023	3.535	16.154	7.000		9.500	3.976															
284T		9.500/11.000																														
284/6T																		26.433														
284/6TS																		27.929														
286T																		26.557														
286TS	11.000																															
324TS	12.500	10.500	15.157	NPT 2"	12.575	13.071	5.250	28.120	8.000		1.300	4.811	18.394	8.708		10.500	4.705															
324/6TS		10.500/12.000																														
324T		10.500																														
324/6T		10.500/12.000																														
326TS		12.000						14.567																								
326T																																
364/5TS	14.016	11.260/12.244	17.165	NPT 3"	16.016	15.512	5.875	32.338	9.000	1.634	1.480	4.251	24.212	9.865		11.988	6.024															
364/5T																																
404/5TS	15.984	12.244/13.740	19.921		18.570	20.315	6.625	36.732	10.000	2.323	1.811	5.252	23.110	10.865		13.496																
404/5T																																
444/5TS	18.000	14.500/16.500	21.929	2xNPT 3"	20.559	31.535	7.500	41.407	11.000	1.929	1.630	5.687	22.795	11.832	26.830	11.811	6.929															
444/5T		16.500/20.000																														
445/7TS																		44.951														
445/7T		48.701																														
447/9TS		52.588																														
L447/9TS		53.431																														
447/9T		56.338																														
L447/9T		57.181																														
504/5TS		20.000																16.000/18.000	24.724	20.599	24.449	8.500	48.215	12.500	2.756	1.870	15.167	30.206	24.291	29.502	10.374	6.929
504/5T																							54.095									
586/7TS	23.000	22.000/25.000	29.528	2xNPT 4"	27.440	37.980	10.000	55.027	14.500	2.559	2.492	18.575	35.740	26.732	35.236	13.346	8.661															
586/7T																																
588/9TS		28.000/32.000																														
588/9T							62.506										11.417															
							69.381																									

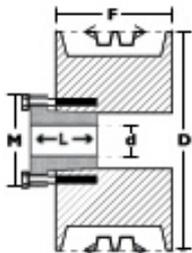
Carcasa	Agujero H	J	K	LL	LM	O	P	T	Eje					Rodamientos			
									d1	ES	N-W	R	S	U	Delantero	Trasero	
143/5T	0.340	1.437		4.528	4.094	7.122	7.244	-	A 3,15	1.575	2.250	0.771	0.187	0.875	6205 ZZ	6204 ZZ	
145T																	
182T	0.410	1.614		5.512	5.236	9.343	8.937	1.772	A 4	1.969	2.750	0.984	0.250	1.125	6207 ZZ	6206 ZZ	
182/4T																	
L182/4T																	
184T																	
213T	1.772					10.841	10.669			2.480	3.375	1.203	0.313	1.375	6308 ZZ	6207 ZZ	
213/5T																	
215T																	
254T	0.531	1.732	3.583	7.815	7.480	12.598	12.953	2.313	A 4	2.756	4.000	1.416	0.375	1.625	6309 C3	6209 C3	
254/6T																	
256T		3.071															
284TS																	
284T																	
284/6T																	
284/6TS																	
286T																	
286TS																	
324TS																	
324TS																	
324/6TS																	
324T	0.657	3.189	4.055	9.055	8.661	15.953	15.827	2.441	A 4	3.937	5.250	1.844	0.500	2.125	6312 C3	6212 C3	
324/6T																	
326TS										2.756	3.750	1.594		1.875			
326T																	
364/5TS	0.660	3.150	4.138	10.591	11.267	17.957	17.914	6.255	DUNC 3/4"-10	1.968	3.748	1.591		1.875	6314 C3	6314 C3	
364/5T																	
404/5TS	0.810	3.937	5.669	10.591	11.267	19.566	19.134	3.544	DUNC 3/4"-10	2.756	4.250	1.842	0.500	2.125	6314 C3	6314 C3	
404/5T																	5.866
444/5TS																	
444/5T																	12.362
445/7TS																	14.921
445/7T																	15.039
447/9TS																	22.795
L447/9TS																	23.583
447/9T																	4.732
L447/9T																	6.834
504/5TS	1.250	4.724	7.228	14.921	15.039	25.425	25.866	4.781	DUNC 3/4"-10	3.000	4.750	2.021	0.625	2.375	6314 C3	6314 C3	
504/5T																	
586/7TS	1.181	5.512	9.055	15.906	17.165	28.985	28.977	6.755	DUNC 7/8"-9	8.661	11.625	3.312	1.000	3.875	6322 C3	6319 C3	
586/7T																	13.030
588/9TS																	
588/9T																	21.417
									DUNC 3/4"-10	3.000	4.750	2.021	0.625	2.375	6314 C3	6314 C3	
									DUNC 7/8"-9	8.661	11.625	3.312	1.000	3.875	6322 C3	6319 C3	

Anexo D: Dimensiones de poleas para bujes QD.

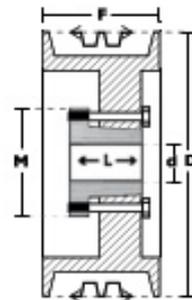


POLEAS TIPO
B

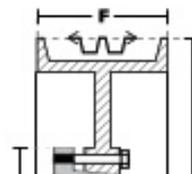
DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD



Modelo T1

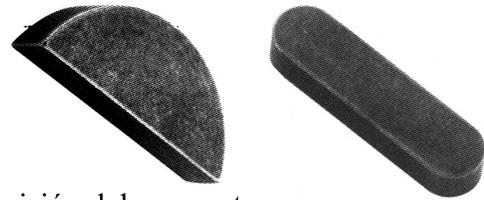


Modelo T2



5 CANALES									
Ancho (F) = 101.6 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
3.0	75	PQ 5875	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.0
3.1	80	PQ 5880	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.2
3.3	85	PQ 5885	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.5
3.5	90	PQ 5890	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.7
3.7	95	PQ 5895	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	5.0
3.9	100	PQ 58100	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	6.0
4.1	105	PQ 58105	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	6.5
4.3	110	PQ 58110	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	7.0
4.5	115	PQ 58115	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	7.5
4.7	120	PQ 58120	SD	42.9	1-11/16	46	80	T1	8.0
4.9	125	PQ 58125	SD	42.9	1-11/16	46	80	T2	9.0
5.1	130	PQ 58130	SD	42.9	1-11/16	46	80	T2	9.5
5.3	135	PQ 58135	SD	42.9	1-11/16	46	80	T2	10.0
5.5	140	PQ 58140	SD	42.9	1-11/16	46	80	T2	10.5
5.7	145	PQ 58145	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	11.0
5.9	150	PQ 58150	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	11.5
6.1	155	PQ 58155	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	12.0
6.3	160	PQ 58160	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	13.0
6.5	165	PQ 58165	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	14.0
6.7	170	PQ 58170	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	15.0
6.9	175	PQ 58175	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	16.0
7.1	180	PQ 58180	SK	54.0	2-1/8	50	100	T2	17.0
7.3	185	PQ 58185	SK	57.1	2-1/4	52	120	T2	18.0
7.5	190	PQ 58190	SK	57.1	2-1/4	52	120	T2	19.5
7.7	195	PQ 58195	SK	57.1	2-1/4	52	120	T2	20.0
7.9	200	PQ 58200	SK	57.1	2-1/4	52	120	T2	21.9
8.3	210	PQ 58210	SK	57.1	2-1/4	52	120	T2	23.0
8.7	220	PQ 58220	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	23.4
8.9	225	PQ 58225	SK	57.1	2-1/4	52	100	T3	24.0
9.1	230	PQ 58230	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	24.4
9.4	240	PQ 58240	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	25.2
9.7	245	PQ 58245	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	26.0
9.8	250	PQ 58250	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	26.3
10.2	260	PQ 58260	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	27.4
10.6	270	PQ 58270	SK	57.1	2-1/4	52	120	T3	28.4

Chavetas

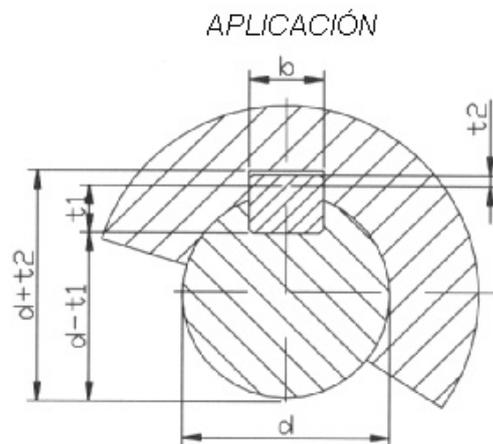
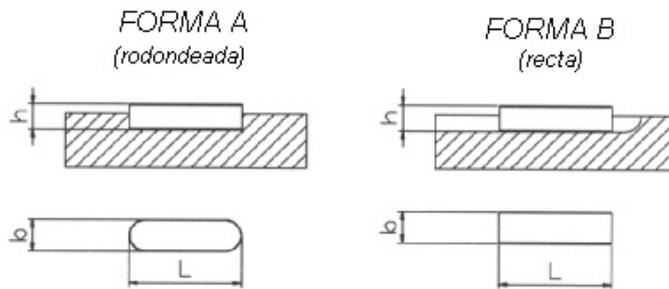


La lengüeta o chaveta normalmente es usada para la transmisión del momento torsor del eje al cubo.

Chaveta según la normativa UNI 6604-69 – din 6885

Forma A: los extremos con forma redondeada, con radio par hacia mitad de la base.

Forma B: los extremos rectos.



Material:

- Acero C45 con $R 59 \text{ daN/mm}^2$
- Acero inox AISI 316 con $R 59 \text{ daN/mm}^2$

La relación entre diámetro de eje y la sección de la chaveta se indica en la tabla de dimensiones de la pagina siguiente, si se refiere a las de uso normal.

El empleo de chavetas de sección más pequeña es posible si su resistencia es suficiente al esfuerzo que debe transmitir. El empleo de chavetas de sección más grande es desaconsejado.

En el caso de exigencia particular las formas A y B pueden ser combinadas, es decir un extremo redondeado y otro recto. En tal caso el símbolo de la forma es C.

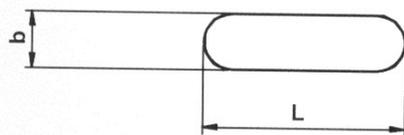
En las tablas de a continuación también encontramos chavetas con secciones o largo especiales no unificados, el material y la tolerancia son las mismas que aquellas unificadas según la norma UNI 6604-69 – DIN 6885.

Tabla de tolerancia de chavetas y chaveteros de alojamiento (mm)

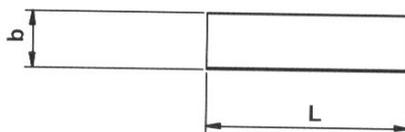
Campo de aplicación		Chaveta			Chavetero										
		Sección		Largo							Profundidad				
Diámetro eje d	Dimen normal b x h	Toleran sobre		Dim. nom. b	Tolerancia sobre b						Eje		Cubo		
		b^{h9}	h*		Por eje			Por cubo			t1		t2		
					H9	N9	P9	D10	Js9	P9	Nom	Tol.	Nom	Tol.	
De Hasta	6 8	2x2	0	0	2										
Más de hasta	8 10	3x3	-0,025	-0,025	3	+0,025 0	-0,004 0	-0,006 -0,031	+0,060 +0,020	±0,012	-0,006 -0,031	1,2 1,8		1 1,4	
Más de Hasta	10 12	4x4	0 -0,030	0 -0,030	4	+0,030 0	0 -0,030	-0,012 -0,042	+0,078 +0,030	±0,015	-0,012 -0,042	2,5	+0,1 0	1,8	+0,1 0
Más de Hasta	12 17	5x5			5							3		2,3	
Más de Hasta	17 22	6x6			6							3,5		3,5	
Más de Hasta	22 30	8x7	0 -0,036	0 -0,090	8	+0,036 0	0 -0,036	-0,015 -0,051	+0,098 +0,040	±0,018	-0,015 -0,051	5		3,3	
Más de Hasta	30 38	10x8			10							5		3,3	
Más de Hasta	38 44	12x8	0 -0,043	0 -0,090	12	+0,043 0	0 -0,043	-0,018 -0,061	+0,120 +0,050	±0,021	-0,018 -0,061	5		3,3	
Más de Hasta	44 50	14x9			14							5,5		3,8	
Más de Hasta	50 58	16x10			16							6		4,3	
Más de Hasta	58 60	18x11			18							7		4,4	
Más de Hasta	65 75	20x12	0 -0,052	0 -0,110	20	+0,052 0	0 -0,052	-0,022 -0,074	+0,149 +0,065	±0,026	-0,022 -0,074	7,5	+0,2 0	4,9	+0,2 0
Más de Hasta	75 85	22x14			22							9		5,4	
Más de Hasta	85 95	25x14			25							9		5,4	
Más de Hasta	95 110	28x16			28							10		6,4	
Más de Hasta	110 130	32x18	0 -0,062	0 -0,110	32	+0,062 0	0 -0,062	-0,026 -0,088	+0,180 +0,080	±0,031	-0,026 -0,088	11			
Más de Hasta	130 150	36x20			36							12		8,4	
Más de Hasta	150 170	40x22			40							13		9,4	
Más de Hasta	170 200	45x25			45							15		10,4	
Más de Hasta	200 230	50x28			50							17		11,4	
Más de Hasta	230 260	56x32	0 -0,074	0 -0,110	56	+0,074 0	0 -0,074	-0,032 -0,106	+0,220 +0,100	±0,037	-0,032 -0,106	20	+0,3 0	12,4	+0,3 0
Más de Hasta	260 290	63x32			63							20		12,4	
Más de Hasta	290 330	70x36			70							22		14,4	
Más de Hasta	330 380	80x40			80							25		15,4	
Más de Hasta	380 440	90x45	0 -0,087	0 -0,110	90	+0,087 0	0 -0,087	-0,037 -0,124	+0,260 +0,120	±0,043	-0,037 -0,124	28		17,4	
Más de hasta	440 500	100x50			100	31						19,5			

* La tolerancia es **h9** para la sección cuadrada y **h11** para la rectangular.

UNI 6604 – DIN 6885



forma A



forma B

b ^{h9} xh ^{h11}	L mm																			Chavetero			
	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			t ₁	d+t ₂	
3 x 3	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			1,8	d+1,4	
4 x 4	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			2,5	d+1,8	
5 x 5	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	70	3	d+2,3
6 x 6	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	70	80	3,5	d+2,8
8 x 7	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	4	d+3,3
10 x 8	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	120	5	d+3,3
12 x 8	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	120	130	140	5	d+3,3
14 x 9	35	36	40	45	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150			5,5	d+3,8
16 x 10	40	45	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150					6	d+4,3
18 x 11	50	55	56	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160						7	d+4,4
20 x 12	50	56	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200					7,5	d+4,9
22 x 14	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250					9	d+5,4
24 x 14	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250					9	d+5,4
25 x 14	60	63	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250					9	d+5,4
28 x 16	70	80	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250	280	300					10	d+6,4
32 x 18	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250	280	300	360						11	d+7,4
36 x 20	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250	280	300							12	d+8,4
40 x 22	90	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250	280	300							13	d+9,4
45 x 25	100	110	120	125	130	140	150	160	180	200	220	250	280	300								15	d+10,4

Anexo F: Características de la bomba centrífuga PEDROLLO CPm620.



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **160 l/min** (9.6 m³/h)
- Altura manométrica hasta **56 m**

LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
 - **6 bar** para CP 600-610-620
 - **10 bar** para CP 650-660-670
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD

USOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector doméstico y civil, particularmente para la distribución del agua acopladas a pequeños o medianos tanques autoclaves, para el vaciado o para la irrigación de huertos o jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Marca registrada n° 0001516350 CPm158
- Modelo comunitario registrado n° 002098434

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

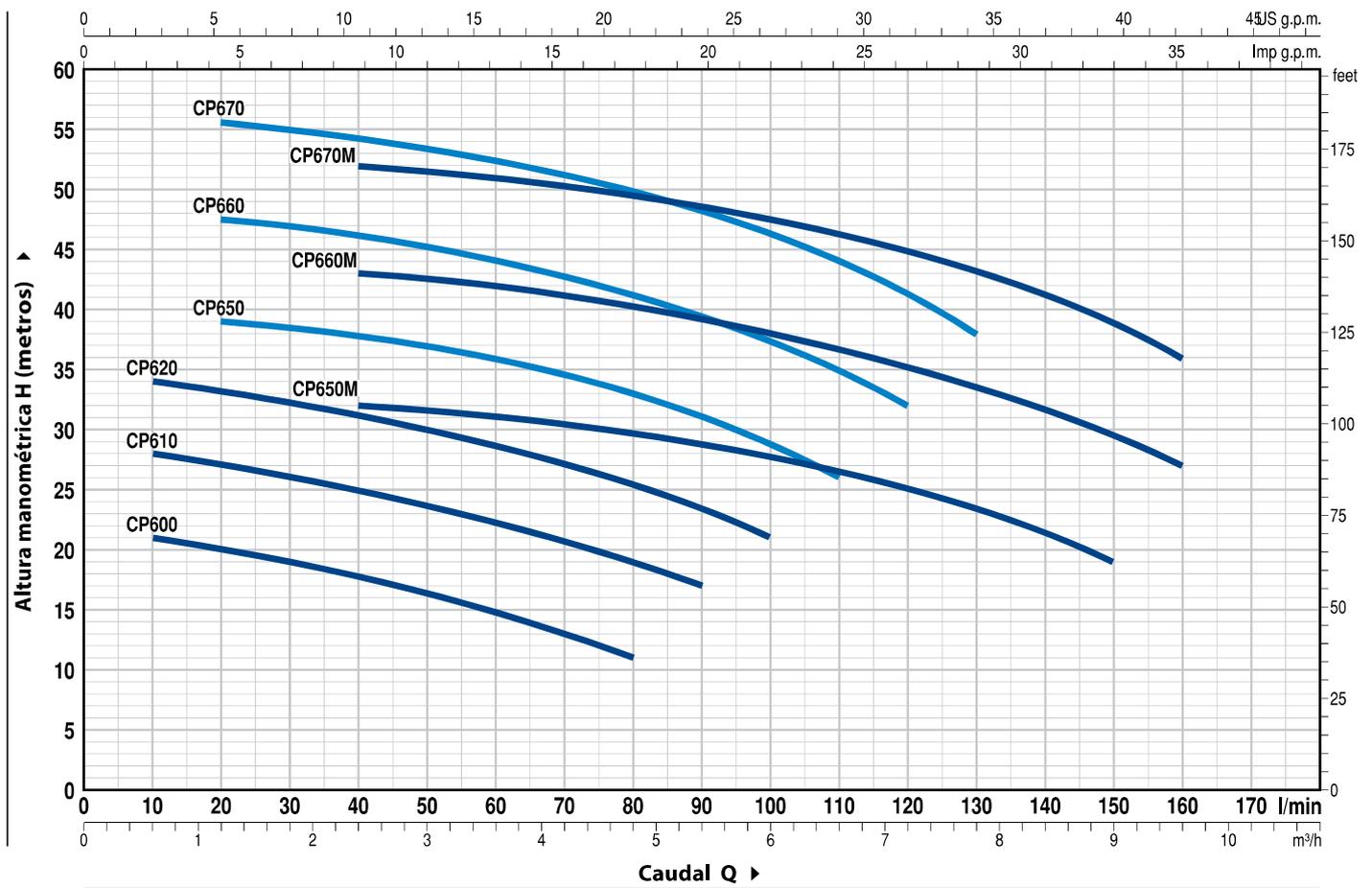
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para CP 650-660-670

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P ₂)			Q	H metros															
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		m ³ /h	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	9.0	9.6		
					l/min	0	10	20	40	60	80	90	100	110	120	130	150	160			
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	IE2	H metros	22	21	20	18	15	11										
CPm 610	CP 610	0.60	0.85			28.5	28	27	25	22	19	17									
CPm 620	CP 620	0.75	1	35		34	33	31	28.5	25.5	23.5	21									
CPm 650	CP 650	1.1	1.5	40		-	39	38	36	33.1	31.2	28.8	26								
CPm 660	CP 660	1.5	2	48		-	47.5	46	44	41	39.5	37.5	35	32							
CPm 670	CP 670	2.2	3	IE3		56	-	55.5	54.5	52.5	50	48.5	46.5	44	41.5	38					
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5			33	-	-	32	31	30	29	28	26.5	25	23	19				
CPm 660M	CP 660M	1.5	2			44	-	-	43	42	40	39	38	37	35.5	34	29.5	27			
CPm 670M	CP 670M	2.2	3	53	-	-	52	51	49.5	48.5	47.5	46.5	45	43.5	39	36					

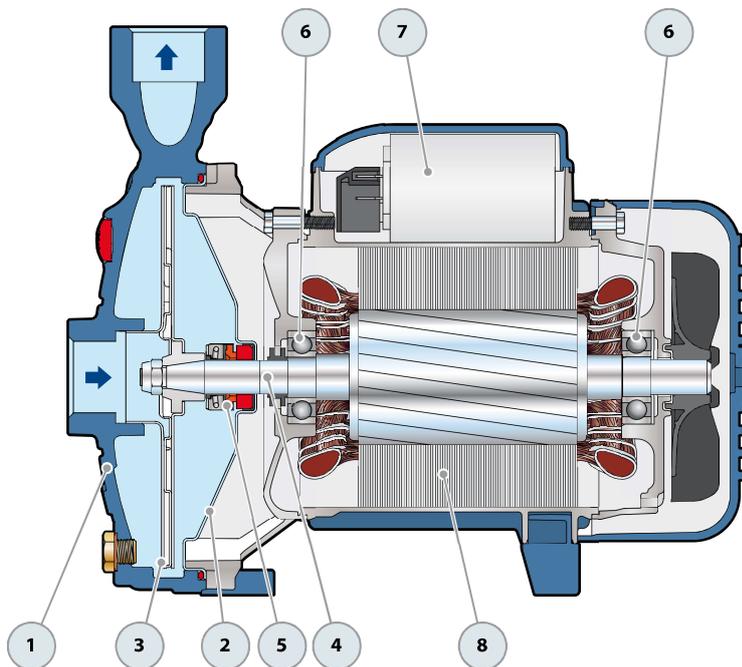
Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

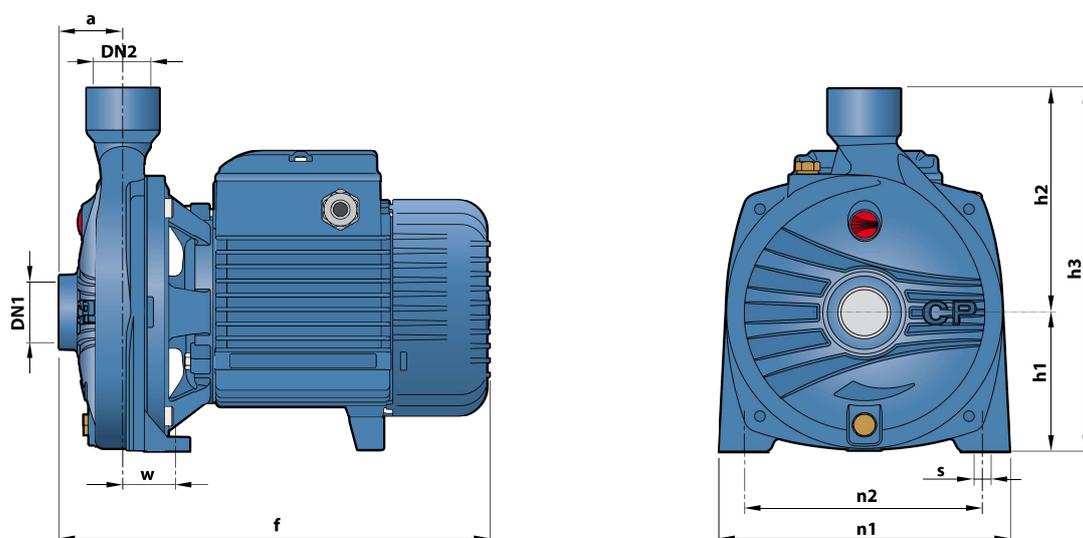
▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

POS. COMPONENTE CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido con tratamiento de cataforesis con bocas roscadas ISO 228/1					
2	TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para CP 650-660-670-650M-660M-670M)					
3	RODETE	Acero inoxidable AISI 304					
4	EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 431					
5	SELLO MECANICO	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>		
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
		CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		CP 650-660-670 CP 650M-660M-670M	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6	RODAMIENTOS	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>				
		CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ				
		CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ				
		CP 650-660-670 CP 650M-660M-670M	6204 ZZ / 6204 ZZ				
		7	CONDENSADOR	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>		
<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>			<i>(110 V ó 127 V)</i>			
CPm 600	10 µF - 450 VL			25 µF - 250 VL			
CPm 610	14 µF - 450 VL			25 µF - 250 VL			
CPm 620	20 µF - 450 VL			60 µF - 300 VL			
CPm 650-650M	25 µF - 450 VL			60 µF - 250 VL			
CPm 660-660M	31.5 µF - 450 VL			60 µF - 250 VL			
CPm 670-670M	50 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL					
8	MOTOR ELÉCTRICO	<p>CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.</p> <p>➡ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P₂=0.60 kW y en clase IE3 desde P₂=0.75 kW (IEC 60034-30-1)</p> <p>– Aislamiento: clase F – Protección: IP X4</p>					



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h3	h1	h2	n1	n2	w	s	1~	3~
CPm 600	CP 600	1"	1"	42	257	205	82	123	165	135	38	11	7.0	7.7
CPm 610	CP 610				286	240	92	148	190	160	37		8.5	7.8
CPm 620	CP 620				367	260	110	150	206	165	44.5		11	17.8
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	1¼"	1"	51	367/387	260	110	150	206	165	44.5	11	17.8	17.6
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M				367/387								18.9	17.9
CPm 670 - 670M	CP 670 - 670M				367/387								20.9	22.5

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSIÓN		
	220 V	110 V	127 V
Monofásica	220 V	110 V	127 V
CPm 600	2.7 A	5.5 A	5.2 A
CPm 610	4.0 A	8.0 A	8.0 A
CPm 620	6.0 A	12.0 A	10.4 A
CPm 650	8.8 A	17.6 A	16.0 A
CPm 650M	8.8 A	17.6 A	16.7 A
CPm 660	9.7 A	20.0 A	16.8 A
CPm 660M	9.7 A	19.0 A	18.4 A
CPm 670	13.2 A	25.0 A	22.9 A
CPm 670M	12.0 A	24.0 A	19.0 A

MODELO	TENSIÓN			
	220 V	380 V	220 V	440 V
Trifásica	220 V	380 V	220 V	440 V
CP 600	1.8 A	1.0 A	2.0 A	1.2 A
CP 610	2.8 A	1.6 A	2.6 A	1.5 A
CP 620	4.2 A	2.4 A	4.2 A	2.4 A
CP 650	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 650M	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 660	7.6 A	4.4 A	5.9 A	3.2 A
CP 660M	7.6 A	4.4 A	6.4 A	4.1 A
CP 670	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 670M	8.6 A	5.0 A	7.8 A	4.5 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE	PARA CONTAINER
Monofásica	Trifásica	n° bombas	n° bombas
CPm 600	CP 600	96	144
CPm 610	CP 610	96	144
CPm 620	CP 620	70	112
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	50	70
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M	50	70
CPm 670 - 670 M	-	50	70
-	CP 670 - 670 M	35	49

Anexo G: Propiedades físicas de la atmósfera en altura.



INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE CHILE

**MANUAL BASICO SOBRE MEDICIONES Y TOMA
DE MUESTRA AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS EN
SALUD OCUPACIONAL**

MINISTERIO DE SALUD

SEGUNDA PARTE
AGENTES QUIMICOS

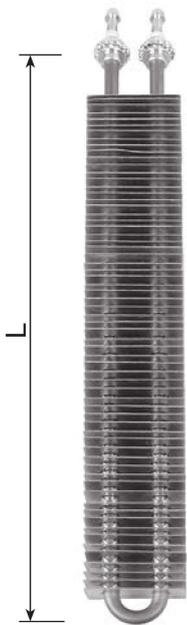
Tabla VIII-1. Propiedades Físicas de la Atmósfera en Altura.

Relativa m	Kg/m ³		Presión Barométrica		Volumen Molar
	Relativa	Kg/m ³	mmHg	mbar (hPa)	
0	1,0000	1,225	760,0	1.013,3	24,45
250	0,9707	1,189	737,8	983,6	24,45
500	0,9422	1,154	716,0	954,7	24,45
750	0,9143	1,120	649,9	926,4	24,45
1000	0,8871	1,087	674,2	898,8	24,45
1250	0,8605	1,054	654,0	871,9	28,43
1500	0,8346	1,022	634,3	845,7	29,31
1750	0,8094	0,991	615,1	820,1	30,22
2000	0,7847	0,961	596,4	795,1	31,17
2250	0,7607	0,932	578,1	770,7	32,16
2500	0,7372	0,903	560,3	747,0	33,18
2750	0,7144	0,875	542,9	723,9	34,24
3000	0,6921	0,848	526,0	701,3	35,34
3250	0,6704	0,821	509,5	679,3	36,49
3500	0,6493	0,795	493,4	657,9	37,68
3750	0,6287	0,770	477,8	637,0	38,91
4000	0,6086	0,746	462,5	616,6	40,20
4250	0,5890	0,722	447,7	596,8	41,53
4500	0,5700	0,698	433,2	577,5	42,92
4750	0,5515	0,676	419,1	558,8	44,36
5000	0,5334	0,653	405,4	540,5	45,86
5250	0,5158	0,632	392,0	522,7	47,43
5500	0,4987	0,611	379,0	505,4	49,05
5750	0,4821	0,591	366,4	488,5	50,74
6000	0,4659	0,571	354,1	472,1	52,50
6250	0,4502	0,551	342,1	456,2	54,34
6500	0,4349	0,533	330,5	440,7	56,25
6750	0,4200	0,515	319,2	425,6	58,24
7000	0,4055	0,497	308,2	410,9	60,32
7250	0,3915	0,480	297,5	396,7	62,49
7500	0,3778	0,463	287,1	382,8	64,76
7750	0,3645	0,447	277,1	369,4	67,09
8000	0,3517	0,431	267,3	356,3	69,55
8250	0,3391	0,415	257,7	343,6	72,14
8500	0,3270	0,401	248,5	331,3	74,81
8750	0,3152	0,386	239,5	319,3	77,63
9000	0,3037	0,372	230,8	307,7	80,55
9250	0,2926	0,358	222,4	296,5	83,59
9500	0,2818	0,345	214,2	285,5	86,79
9750	0,2714	0,332	206,2	274,9	90,16
10000	0,2612	0,320	198,5	264,7	93,66

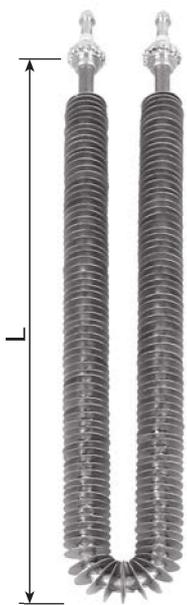
Resistencias eléctricas

Resistencias eléctricas de aletas

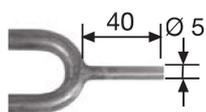
Las resistencias eléctricas de aletas se utilizan para el calentamiento de aire y otros gases. Están formadas por elementos tubulares blindados a los que se les añade unas aletas para aumentar así la superficie de intercambio de calor. El tubo es de acero inoxidable y las aletas son de chapa aluminizada. La fijación de estas resistencias se realiza a través de rúcors (de M12 para el tubo de 8 mm de diámetro y de M14 para el tubo de 10 mm de diámetro) y los terminales son bornes roscados de M4. Debe asegurarse siempre la suficiente circulación de aire para evitar un sobrecalentamiento de las mismas. Existe la posibilidad de fabricar estas aletas totalmente en acero inoxidable.



Aletas rectangulares



Aletas redondas



Tamaño aletas	Código	Potencia (W)	Tensión (V)	Longitud (mm)	Ø Tubo (mm)	Carga (W/cm ²)
25x50 (baja carga)	AL-101	250	230	200	8	4
	AL-102	500	230	260	8	4
	AL-103	750	230	370	8	4
	AL-104	1.000	230	500	8	4
	AL-105	1.250	230	620	8	4
	AL-106	1.500	230	740	8	4
	AL-107	2.000	230	970	8	4
	AL-108	2.500	230	1.180	8	4
25x50 (alta carga)	AL-201	1.000	230	300	8	7
	AL-202	1.500	230	450	8	7
	AL-203	1.750	230	500	8	7
	AL-204	2.000	230	625	8	7
	AL-205	2.500	230	750	8	7
	AL-206	3.000	230	875	8	7
	AL-207	3.500	230	1.000	8	7
40x70	AL-301	1.000	230	325	10	6
	AL-302	1.500	230	470	10	6
	AL-303	2.000	230	620	10	6
	AL-304	2.500	230	760	10	6
	AL-305	3.000	230	910	10	6
	AL-306	3.500	230	1.055	10	6
Ø23	AL-401	500	230	260	8	4
	AL-402	1.000	230	500	8	4
	AL-403	1.500	230	740	8	4
	AL-404	2.000	230	970	8	4
	AL-405	2.500	230	1.180	8	4
Ø30	AL-501	1.000	230	325	10	6
	AL-502	1.500	230	470	10	6
	AL-503	2.000	230	620	10	6
	AL-504	2.500	230	760	10	6
	AL-505	3.000	230	910	10	6

OPCIONAL:

Modelo P = Pueden suministrarse con pivotes de fijación soldados de Ø5 mm y 40 mm de longitud.
 Modelo V = Pueden suministrarse con acabado estanco y salida de cables de 500 mm de longitud.
 Modelo I = Pueden suministrarse totalmente en acero inoxidable.

Para otras dimensiones, potencias o longitudes sírvase consultar a nuestro departamento técnico.

Anexo I: Diagrama de diámetro equivalente de un conducto rectangular.



CAPITULO 5

Cálculos y aplicación práctica para una correcta circulación de aire por conductos.



DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA

Lado del conducto rectangular (cm)

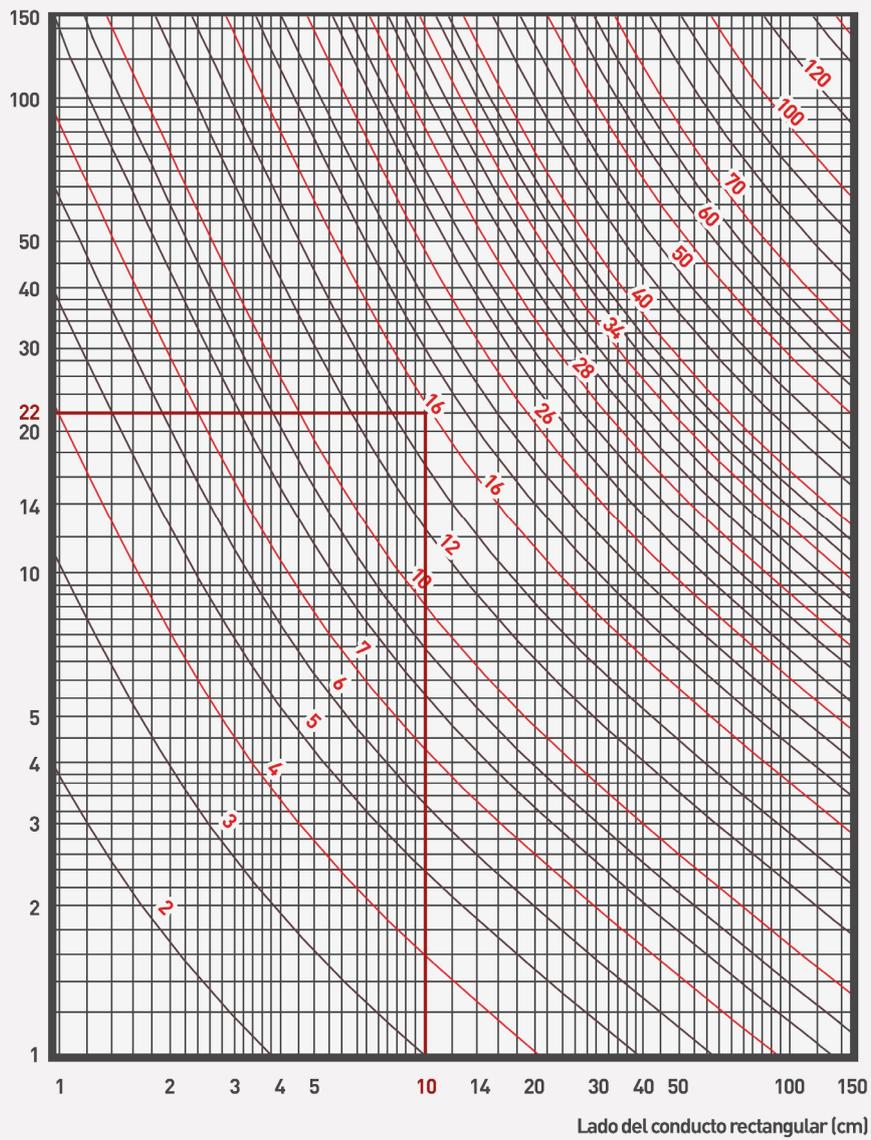


Fig. 5.2

Anexo J: Diagrama de pérdidas de carga por rozamiento del aire.



CAPITULO 5

Cálculos y aplicación práctica para una correcta circulación de aire por conductos.



CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE

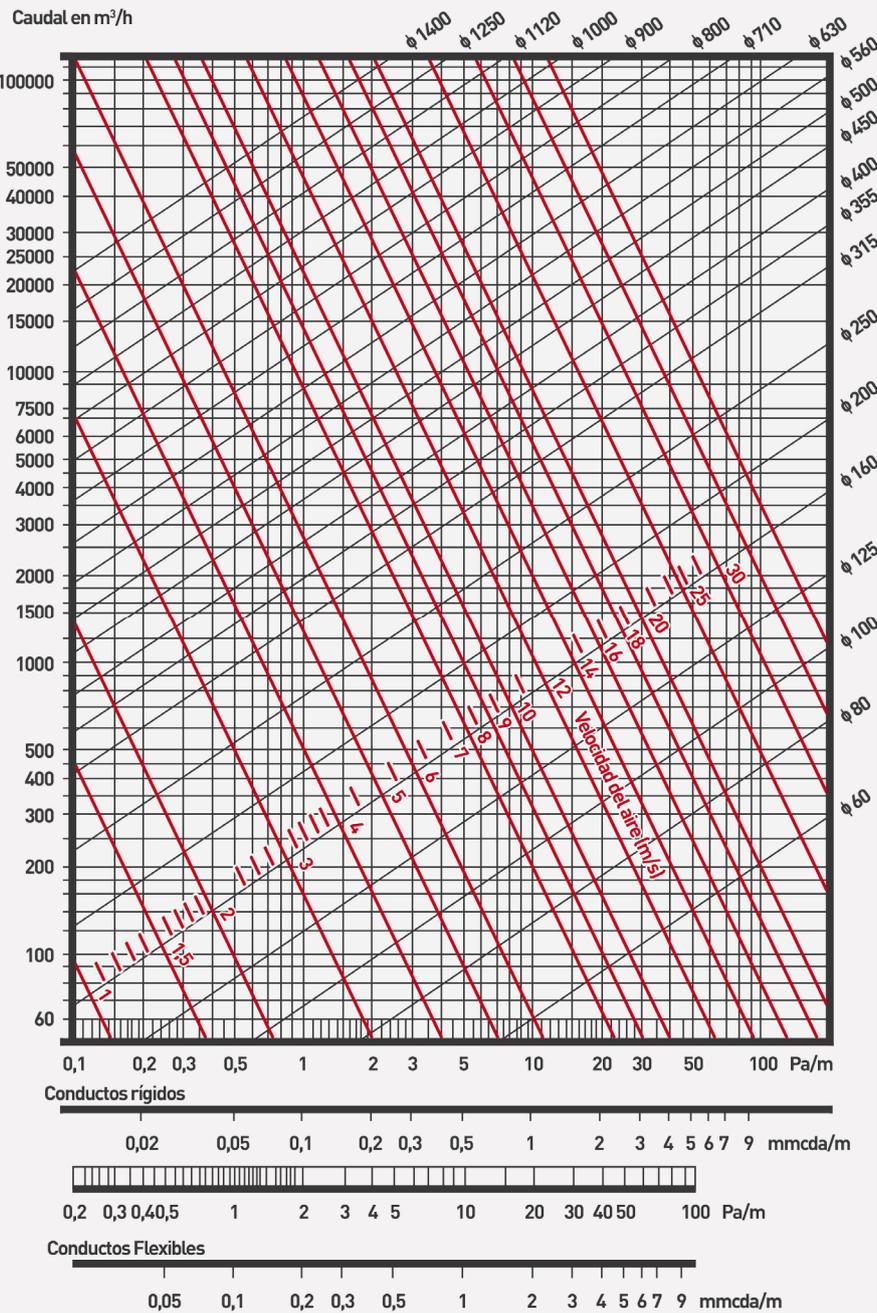


Fig. 5.1

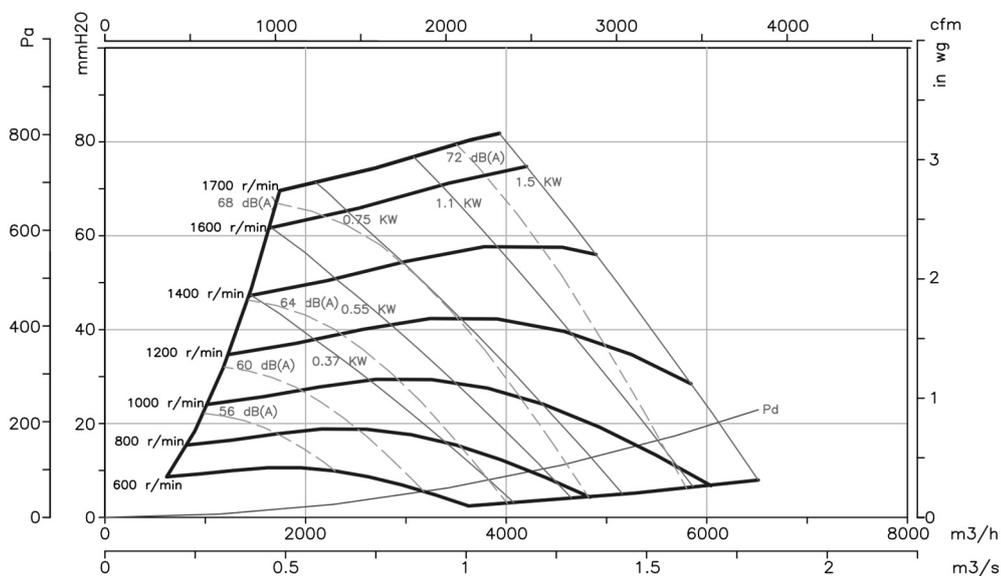
Anexo K: Ventiladores centrífugos CBXT - Curvas características.

Curvas Características

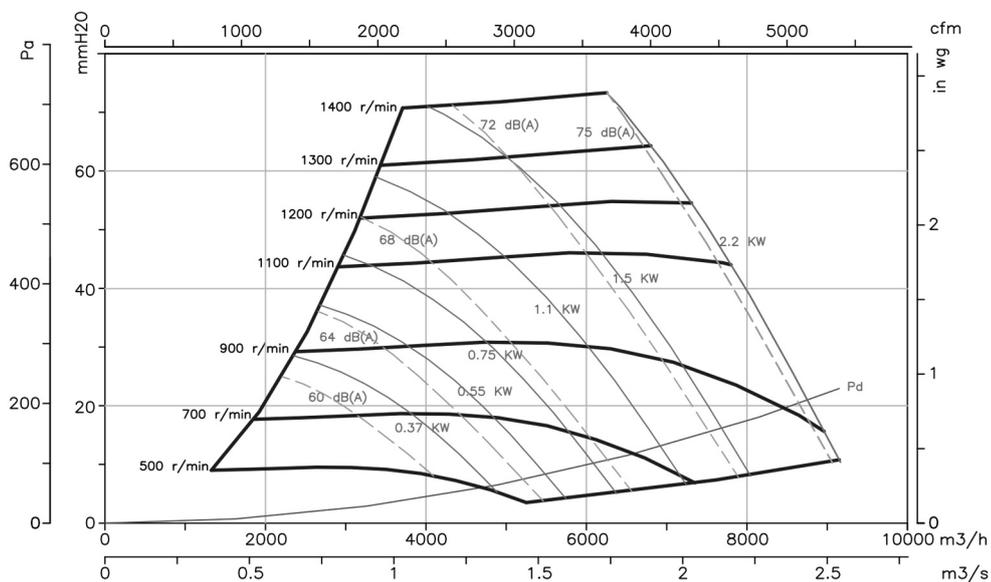
Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm

Pe= Presión estática en mmH₂O, Pa e inwg

10/10 (2828)



12/12 (3333)



CBX CBXC CBXR CBXT



CBX: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia delante

CBXC: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura cúbica de gran rigidez para reforzar la envolvente

CBXR: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura

CBXT: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia delante



CBX



CBXC



CBXR



CBXT

Ventilador:

- Envolvente en chapa de acero galvanizado
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- CBX y CBXC: Rodamientos soportados con amortiguadores de goma para evitar vibraciones
- CBX: Se suministra con pies soporte PSB

ambos lados

- Temperatura máxima del aire a transportar: CBX, CBXC y CBXT: -20°C +80°C CBXR: -20°C +110°C

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado

Bajo demanda:

- CBX: Pueden suministrarse el soporte motor y tensor de correas SM

Motor:

- Motores de eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos
- Eje libre con rodamientos a bolas de engrase permanente en

Código de pedido

CBXC — 12/12



CBX: Ventiladores centrífugos de doble aspiración, con salida de eje libre



Tamaño turbina en pulgadas

CBXC: Ventiladores centrífugos de doble aspiración, estructura cúbica

CBXR: Ventiladores centrífugos de doble aspiración, estructura reforzada

CBXT — 12/12 — 1,5



CBXT: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico



Tamaño turbina en pulgadas



Potencia motor (CV)

Características técnicas

	Equivalencia pulgadas	Velocidad máx. (r/min)	Máx.Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Temperatura del aire (°C) min/max	Peso aprox. (Kg)	According ErP
CBX-1919	7/7	2500	1,10	3650	-20 +80	5,0	2015
CBX-2525	9/9	1800	1,50	5700	-20 +80	9,0	2015
CBX-2828	10/10	1700	1,50	6500	-20 +80	10,5	2015
CBX-3333	12/12	1400	1,50	8050	-20 +80	15,5	2015
CBX-3939	15/15	1000	1,50	11000	-20 +80	24,0	2015
CBX-4747	18/18	700	1,50	14500	-20 +80	33,5	2015

	Velocidad máx. (r/min)	Máx.Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Temperatura del aire (°C) min/max	Peso aprox. (Kg)	According ErP
CBXC-7/7	2500	1,10	3650	-20 +80	6,0	2015
CBXC-9/9	2100	1,50	5700	-20 +80	11,5	2015
CBXC-10/10	1700	1,50	6500	-20 +80	13,5	2015
CBXC-12/12	1400	2,20	9150	-20 +80	18,5	2015
CBXC-15/15	1100	3,00	13650	-20 +80	27,5	2015
CBXC-18/18	900	3,00	19050	-20 +80	38,5	2015

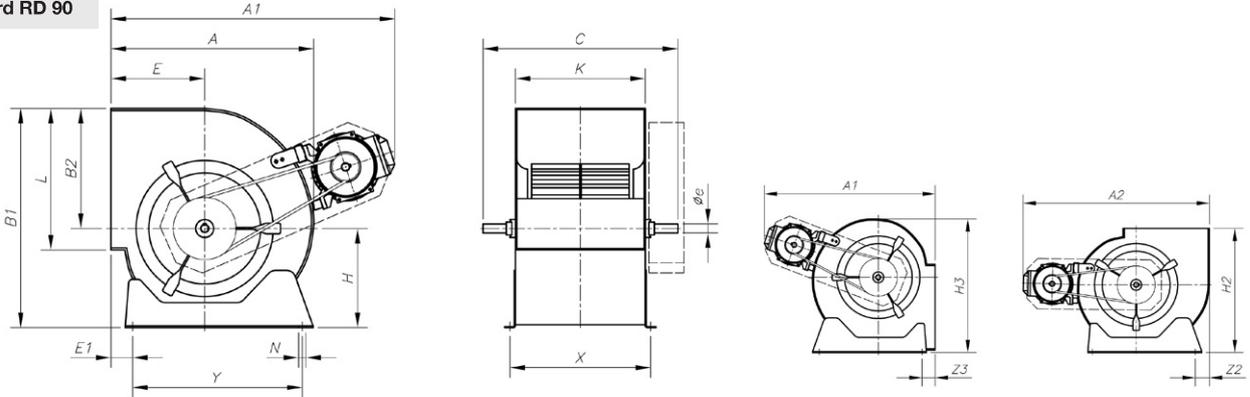
	Velocidad máx. (r/min)	Máx.Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Temperatura del aire (°C) min/max	Peso aprox. (Kg)	According ErP
CBXR-15/15	1200	5,50	16850	-20 +80	28,5	2015
CBXR-18/18	1000	7,50	26000	-20 +80	40,0	2015
CBXR-20/20	1000	9,00	29000	-20 +110	84,0	2015
CBXR-22/22	900	13,00	36000	-20 +110	94,0	2015
CBXR-25/25	700	13,00	48000	-20 +110	113,0	2015
CBXR-30/28	600	15,00	62000	-20 +110	145,0	2015

	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Temperatura del aire (°C) min/max	Peso aprox. (Kg)	Versión de montaje	According ErP
		230V	400V	690V						
CBXT-7/7-0.5	1420	2,02	1,17	0,37	1250	-20 +80	39,0	A	2015	
CBXT-7/7-0.75	1600	2,92	1,69	0,55	1450	-20 +80	41,0	A	2015	
CBXT-7/7-1 IE3	1790	3,10	1,79	0,75	1500	-20 +80	42,5	A	2015	
CBXT-9/9-0.25	825	1,23	0,71	0,18	1700	-20 +80	48,0	A	2015	
CBXT-9/9-0.33	920	1,66	0,96	0,25	1800	-20 +80	50,0	A	2015	
CBXT-9/9-0.5	1020	2,02	1,17	0,37	2200	-20 +80	51,5	A	2015	
CBXT-9/9-0.75	1050	2,92	1,69	0,55	2900	-20 +80	54,5	A	2015	
CBXT-9/9-1 IE3	1070	3,10	1,79	0,75	3200	-20 +80	56,0	A	2015	
CBXT-9/9-1.5 IE3	1260	4,03	2,32	1,10	3750	-20 +80	59,0	A	2015	
CBXT-10/10-0.75	845	2,92	1,69	0,55	3800	-20 +80	57,0	A	2015	
CBXT-10/10-1 IE3	960	3,10	1,79	0,75	4175	-20 +80	58,5	A	2015	
CBXT-10/10-1.5 IE3	1070	4,03	2,32	1,10	4800	-20 +80	61,3	A	2015	
CBXT-10/10-2 IE3	1140	5,96	3,44	1,50	5400	-20 +80	64,6	A	2015	
CBXT-12/12-0.5	595	2,02	1,17	0,37	4200	-20 +80	69,0	A	2015	
CBXT-12/12-0.75	675	2,92	1,69	0,55	4800	-20 +80	71,0	A	2015	
CBXT-12/12-1 IE3	765	3,10	1,79	0,75	5400	-20 +80	72,4	A	2015	
CBXT-12/12-1.5 IE3	855	4,03	2,32	1,10	5800	-20 +80	75,3	A	2015	
CBXT-12/12-2 IE3	965	5,96	3,44	1,50	6500	-20 +80	78,6	A	2015	
CBXT-12/12-3 IE3	1180	8,36	4,83	2,20	7400	-20 +80	87,0	B	2015	
CBXT-15/15-0.75	525	2,92	1,69	0,55	5900	-20 +80	85,0	B	2015	
CBXT-15/15-1 IE3	595	3,10	1,79	0,75	6500	-20 +80	86,4	B	2015	
CBXT-15/15-1.5 IE3	635	4,03	2,32	1,10	7500	-20 +80	89,3	B	2015	
CBXT-15/15-2 IE3	670	5,96	3,44	1,50	8200	-20 +80	92,6	B	2015	
CBXT-15/15-3 IE3	740	8,36	4,83	2,20	9500	-20 +80	101,0	B	2015	
CBXT-15/15-4 IE3	805	10,96	6,33	3,00	10600	-20 +80	103,0	B	2015	
CBXT-15/15-5.5 IE3	965	14,10	8,12	4,00	12000	-20 +80	108,0	B	2015	
CBXT-18/18-1.5 IE3	480	4,03	2,32	1,10	9000	-20 +80	122,0	B	2015	
CBXT-18/18-2 IE3	605	5,96	3,44	1,50	9250	-20 +80	125,3	B	2015	
CBXT-18/18-3 IE3	590	8,36	4,83	2,20	11500	-20 +80	133,7	B	2015	
CBXT-18/18-4 IE3	640	10,96	6,33	3,00	13200	-20 +80	135,7	B	2015	

VENTILADORES CENTRÍFUGOS Y EXTRACTORES EN LÍNEA PARA CONDUCTOS

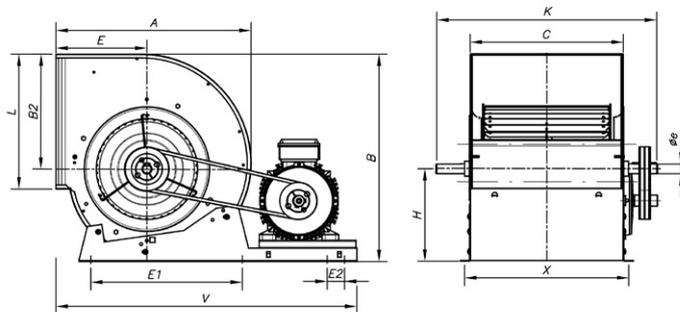
Dimensiones mm

CBXT
Montaje A
Suministro
standard RD 90



	A	A1	A2	B1	B2	C	E	E1	øe	H	H2	H3	K	L	N	X	Y	Z2	Z3
CBXT-7/7-0'5	316	450	495	333	189	360	152	64	20	144	320	341	230	208	9x13	258	225	44	36
CBXT-7/7-0'75	316	470	515	333	189	360	152	64	20	144	320	341	230	208	9x13	258	225	44	36
CBXT-7/7-1	316	470	515	333	189	360	152	64	20	144	320	341	230	208	9x13	258	225	44	36
CBXT-9/9-0'25	380	490	535	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-9/9-0'33	380	520	565	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-9/9-0'5	380	520	565	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-9/9-0'75	380	540	585	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-9/9-1	380	540	585	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-9/9-1'5	380	590	605	400	218	430	183	78	20	182	385	395	300	263	9x13	328	275	50	57
CBXT-10/10-0'75	422	590	635	450	246	470	202	73	20	204	443	470	326	292	9x17	355	315	50	50
CBXT-10/10-1	422	590	635	450	246	470	202	73	20	204	443	470	326	292	9x17	355	315	50	50
CBXT-10/10-1'5	422	610	655	450	246	470	202	73	20	204	443	470	326	292	9x17	355	315	50	50
CBXT-10/10-2	422	610	655	450	246	470	202	73	20	204	443	470	326	292	9x17	355	315	50	50
CBXT-12/12-0'5	493	645	690	526	290	560	230	82	25	236	498	555	387	345	9x17	415	390	35	70
CBXT-12/12-0'75	493	665	710	526	290	560	230	82	25	236	498	555	387	345	9x17	415	390	35	70
CBXT-12/12-1	493	665	710	526	290	560	230	82	25	236	498	555	387	345	9x17	415	390	35	70
CBXT-12/12-1'5	493	680	725	526	290	560	230	82	25	236	498	555	387	345	9x17	415	390	35	70
CBXT-12/12-2	493	680	725	526	290	560	230	82	25	236	498	555	387	345	9x17	415	390	35	70

CBXT
Montaje B
Suministro
standard RD 90



	A	B	B2	C	E	E1	E2	Øe	H	K	L	V	X
CBXT 12/12-3	493,5	527,4	292,9	387	230	390	63	21	234,9	560	343	761	416

Anexo M: Manual de perfiles estructurales - Ángulo de lados iguales milimétricos.

MANUAL DE PERFILES ESTRUCTURALES

gerdaucorsa.com.mx

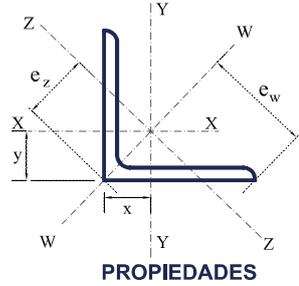
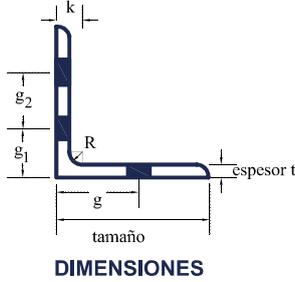


GERDAU CORSA

Hazlo en grande, piensa en acero.

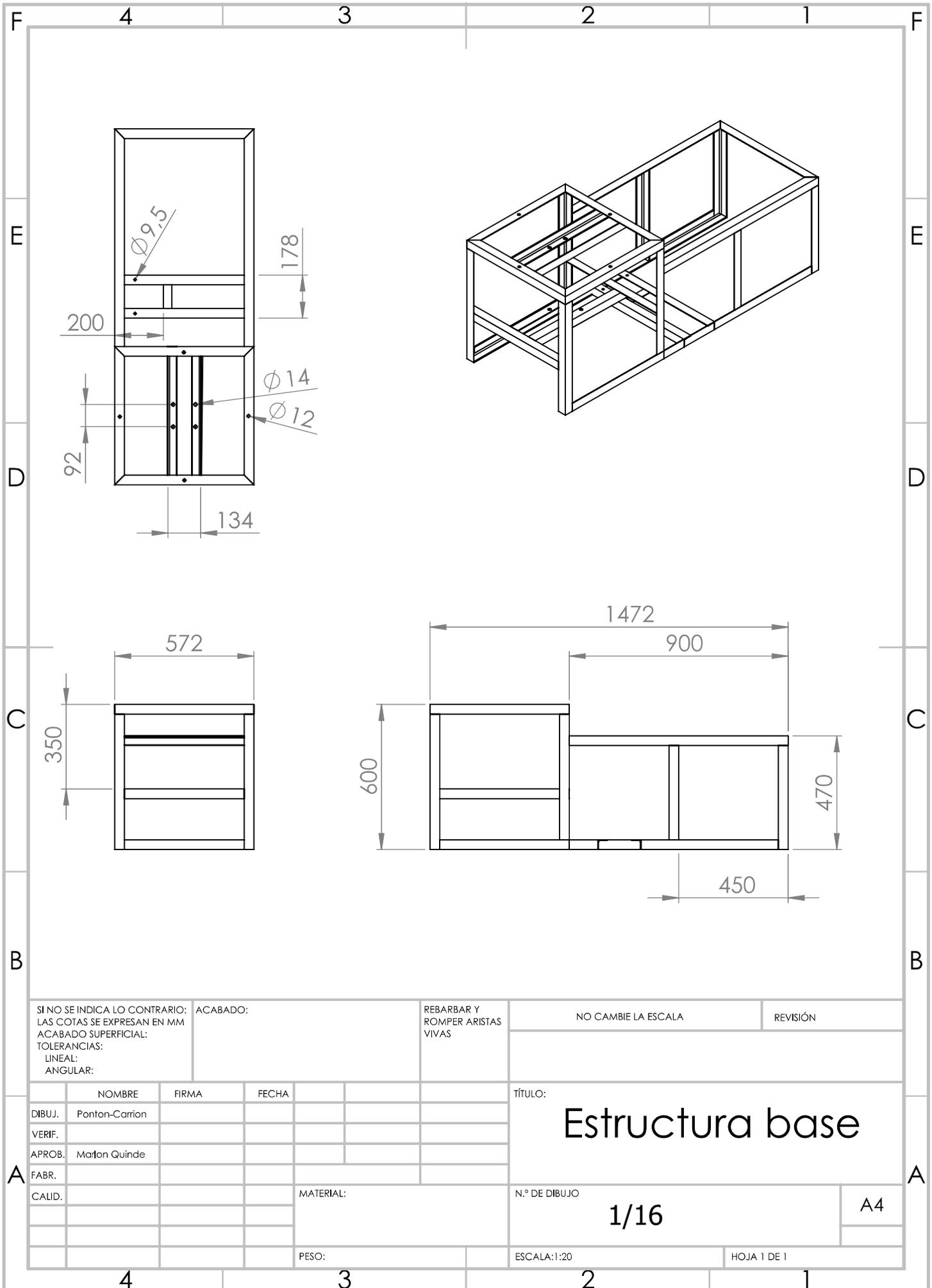
LM

ÁNGULO DE LADOS IGUALES MILIMÉTRICO

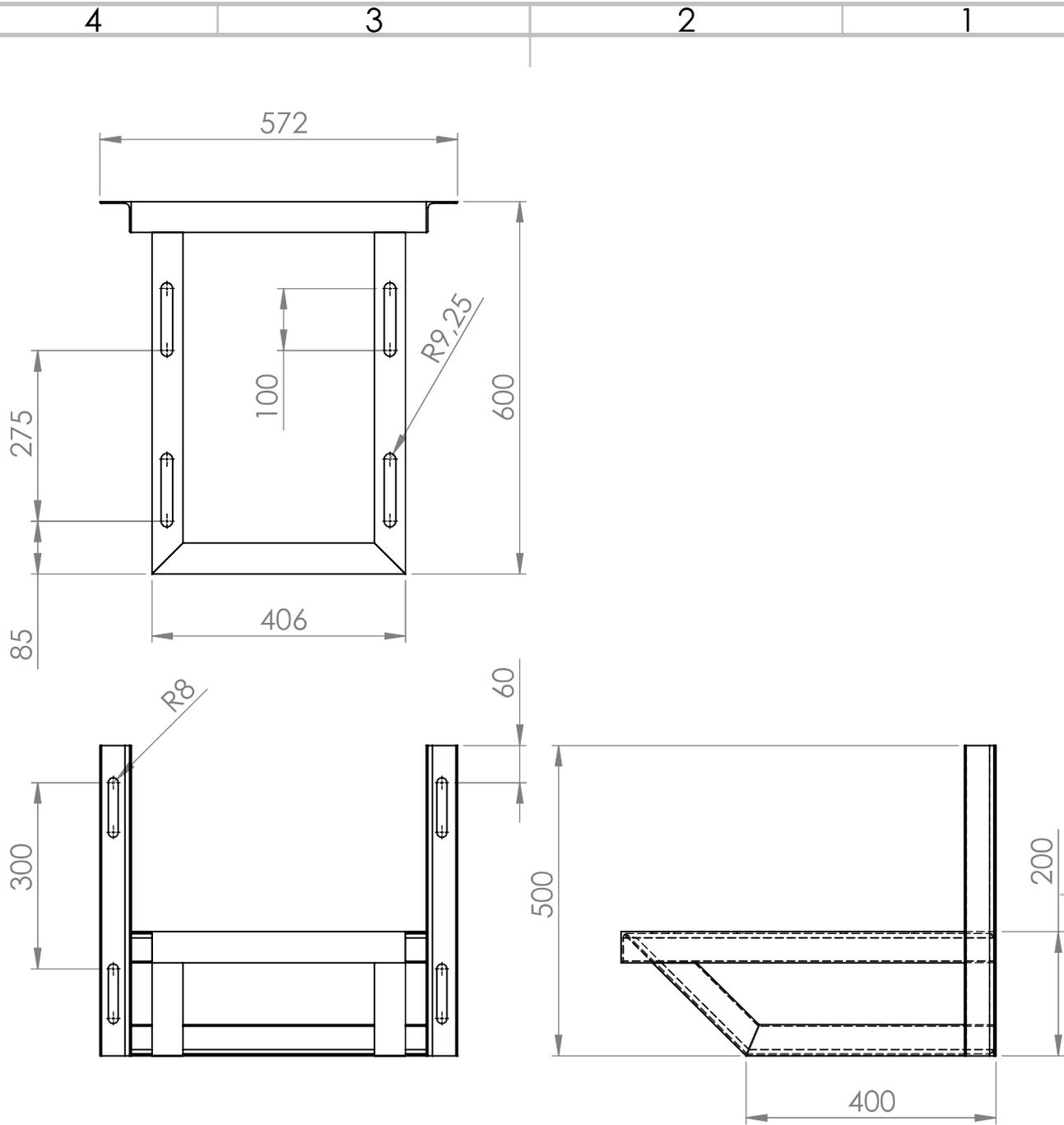


Designación tamaño x espesor	Peso	k	R	Gramil			Sujetadores			Propiedades de Torsión				Ejes X-X y Y-Y				Eje W-W				Eje Z-Z			
				g	Diámetro Máximo	Espac. Recom.	J	C _w	r _o	Área	I	S	r	x=y	I	S	r	e _w	I	S	r	e _z			
PERFIL	in x in	kg/m	mm	mm	mm	mm	in	mm	cm ⁴	cm ⁶	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	
LM	25 x 3	1.12	11.1	3.2	14	9.5	3/8	30	0.04	0.02	1.50	1.41	0.82	0.46	0.76	0.74	1.30	0.74	0.96	1.77	0.34	0.32	0.49	1.04	
LM	25 x 4	1.44	11.1	3.2	14	9.5	3/8	30	0.10	0.04	1.52	1.84	1.04	0.60	0.75	0.77	1.63	0.92	0.94	1.77	0.44	0.40	0.49	1.09	
LM	25 x 5	1.77	12.7	3.2	14	9.5	3/8	30	0.19	0.08	1.55	2.25	1.23	0.72	0.74	0.81	1.92	1.09	0.92	1.77	0.53	0.47	0.49	1.14	
LM	25 x 6	2.07	14.3	3.2	14	9.5	3/8	30	0.32	0.13	1.57	2.64	1.40	0.84	0.73	0.84	2.17	1.23	0.91	1.77	0.63	0.53	0.49	1.19	
LM	30 x 3	1.36	11.1	4.7	18	12.7	1/2	40	0.05	0.03	1.79	1.71	1.46	0.68	0.92	0.86	2.32	1.09	1.17	2.12	0.59	0.49	0.59	1.22	
LM	30 x 4	1.76	11.1	4.7	18	12.7	1/2	40	0.12	0.08	1.81	2.24	1.86	0.88	0.91	0.90	2.94	1.39	1.15	2.12	0.77	0.61	0.59	1.27	
LM	30 x 5	2.16	12.7	4.7	18	12.7	1/2	40	0.23	0.14	1.83	2.75	2.22	1.07	0.90	0.93	3.49	1.65	1.13	2.12	0.94	0.71	0.58	1.32	
LM	30 x 6	2.54	14.3	4.7	18	12.7	1/2	40	0.39	0.24	1.85	3.24	2.55	1.25	0.89	0.97	3.99	1.88	1.11	2.12	1.11	0.81	0.58	1.37	
LM	35 x 3	1.60	11.1	4.7	20	12.7	1/2	40	0.06	0.06	2.07	2.01	2.36	0.94	1.08	0.99	3.77	1.52	1.37	2.47	0.96	0.69	0.69	1.39	
LM	35 x 4	2.07	11.1	4.7	20	12.7	1/2	40	0.14	0.13	2.09	2.64	3.03	1.22	1.07	1.02	4.81	1.94	1.35	2.47	1.24	0.86	0.69	1.45	
LM	35 x 5	2.55	12.7	4.7	20	12.7	1/2	40	0.27	0.24	2.12	3.25	3.64	1.49	1.06	1.06	5.76	2.33	1.33	2.47	1.51	1.01	0.68	1.50	
LM	35 x 6	3.01	14.3	4.7	20	12.7	1/2	40	0.46	0.39	2.14	3.84	4.20	1.74	1.05	1.09	6.61	2.67	1.31	2.47	1.78	1.15	0.68	1.55	
LM	40 x 3	1.84	11.1	4.7	20	12.7	1/2	40	0.07	0.09	2.36	2.31	3.58	1.24	1.25	1.11	5.72	2.02	1.57	2.83	1.45	0.92	0.79	1.57	
LM	40 x 4	2.39	11.1	4.7	20	12.7	1/2	40	0.16	0.20	2.38	3.04	4.61	1.62	1.23	1.15	7.34	2.59	1.55	2.83	1.88	1.16	0.79	1.62	
LM	40 x 5	2.94	12.7	4.7	20	12.7	1/2	40	0.31	0.37	2.40	3.75	5.56	1.97	1.22	1.18	8.83	3.12	1.53	2.83	2.29	1.37	0.78	1.67	
LM	40 x 6	3.48	14.3	4.7	20	12.7	1/2	40	0.53	0.61	2.42	4.44	6.45	2.32	1.21	1.22	10.20	3.61	1.52	2.83	2.70	1.57	0.78	1.72	
LM	40 x 7	4.01	14.3	4.7	20	12.7	1/2	40	0.83	0.93	2.45	5.11	7.27	2.65	1.19	1.25	11.45	4.05	1.50	2.83	3.10	1.75	0.78	1.77	
LM	40 x 8	4.52	15.9	4.7	20	12.7	1/2	40	1.23	1.33	2.47	5.76	8.04	2.97	1.18	1.29	12.60	4.45	1.48	2.83	3.49	1.92	0.78	1.82	
LM	45 x 3	2.08	11.1	6.3	25	15.9	5/8	50	0.08	0.12	2.65	2.61	5.16	1.58	1.41	1.24	8.24	2.59	1.78	3.18	2.08	1.19	0.89	1.75	
LM	45 x 4	2.70	11.1	6.3	25	15.9	5/8	50	0.18	0.28	2.67	3.44	6.67	2.07	1.39	1.27	10.62	3.34	1.76	3.18	2.71	1.50	0.89	1.80	
LM	45 x 5	3.34	12.7	6.3	25	15.9	5/8	50	0.35	0.53	2.69	4.25	8.07	2.53	1.38	1.31	12.84	4.03	1.74	3.18	3.31	1.79	0.88	1.85	
LM	45 x 6	3.96	14.3	6.3	25	15.9	5/8	50	0.60	0.89	2.71	5.04	9.39	2.98	1.37	1.34	14.89	4.68	1.72	3.18	3.89	2.05	0.88	1.90	
LM	45 x 7	4.56	14.3	6.3	25	15.9	5/8	50	0.95	1.36	2.73	5.81	10.63	3.41	1.35	1.38	16.80	5.28	1.70	3.18	4.47	2.29	0.88	1.95	
LM	45 x 8	5.15	15.9	6.3	25	15.9	5/8	50	1.40	1.96	2.76	6.56	11.79	3.82	1.34	1.42	18.55	5.83	1.68	3.18	5.03	2.51	0.88	2.00	
LM	50 x 3	2.32	11.1	6.3	30	15.9	5/8	50	0.09	0.17	2.94	2.91	7.15	1.96	1.57	1.36	11.42	3.23	1.98	3.54	2.88	1.50	0.99	1.93	
LM	50 x 4	3.01	11.1	6.3	30	15.9	5/8	50	0.20	0.39	2.95	3.84	9.26	2.57	1.55	1.40	14.77	4.18	1.96	3.54	3.75	1.90	0.99	1.98	
LM	50 x 5	3.73	12.7	6.3	30	15.9	5/8	50	0.40	0.74	2.98	4.75	11.25	3.16	1.54	1.43	17.91	5.07	1.94	3.54	4.59	2.26	0.98	2.03	
LM	50 x 6	4.43	14.3	6.3	30	15.9	5/8	50	0.68	1.25	3.00	5.64	13.13	3.72	1.53	1.47	20.85	5.90	1.92	3.54	5.40	2.60	0.98	2.08	
LM	50 x 7	5.11	15.9	6.3	30	15.9	5/8	50	1.06	1.92	3.02	6.51	14.90	4.26	1.51	1.51	23.59	6.67	1.90	3.54	6.20	2.91	0.98	2.13	
LM	50 x 8	5.78	15.9	6.3	30	15.9	5/8	50	1.57	2.77	3.04	7.36	16.57	4.79	1.50	1.54	26.15	7.40	1.89	3.54	6.98	3.20	0.97	2.18	
LM	50 x 9	6.43	17.5	6.3	30	15.9	5/8	50	2.21	3.81	3.07	8.19	18.14	5.30	1.49	1.58	28.54	8.07	1.87	3.54	7.75	3.48	0.97	2.23	
LM	55 x 4	3.33	11.1	6.3	30	15.9	5/8	50	0.23	0.53	3.24	4.24	12.46	3.13	1.71	1.52	19.88	5.11	2.17	3.89	5.03	2.34	1.09	2.15	
LM	55 x 5	4.12	12.7	6.3	30	15.9	5/8	50	0.44	1.00	3.26	5.25	15.17	3.85	1.70	1.56	24.17	6.22	2.15	3.89	6.17	2.80	1.08	2.21	
LM	55 x 6	4.90	14.3	6.3	30	15.9	5/8	50	0.75	1.69	3.28	6.24	17.74	4.54	1.69	1.60	28.22	7.25	2.13	3.89	7.26	3.22	1.08	2.26	
LM	55 x 7	5.66	15.9	6.3	30	15.9	5/8	50	1.18	2.60	3.30	7.21	20.18	5.22	1.67	1.63	32.02	8.23	2.11	3.89	8.34	3.61	1.08	2.31	
LM	55 x 8	6.40	15.9	6.3	30	15.9	5/8	50	1.74	3.77	3.33	8.16	22.49	5.87	1.66	1.67	35.59	9.15	2.09	3.89	9.39	3.98	1.07	2.36	
LM	55 x 9	7.13	17.5	6.3	30	15.9	5/8	50	2.45	5.22	3.35	9.09	24.68	6.50	1.65	1.70	38.94	10.01	2.07	3.89	10.42	4.33	1.07	2.41	
LM	60 x 4	3.64	11.1	6.3	35	15.9	5/8	50	0.25	0.69	3.53	4.64	16.31	3.75	1.88	1.65	26.05	6.14	2.37	4.24	6.58	2.82	1.19	2.33	
LM	60 x 5	4.51	12.7	6.3	35	15.9	5/8	50	0.48	1.32	3.55	5.75	19.91	4.61	1.86	1.68	31.74	7.48	2.35	4.24	8.07	3.39	1.18	2.38	
LM	60 x 6	5.37	14.3	6.3	35	15.9	5/8	50	0.82	2.22	3.57	6.84	23.33	5.45	1.85	1.72	37.14	8.75	2.33	4.24	9.52	3.91	1.18	2.43	
LM	60 x 7	6.21	15.9	6.3	35	15.9	5/8	50	1.29	3.44	3.59	7.91	26.59	6.27	1.83	1.76	42.25	9.96	2.31	4.24	10.92	4.40	1.18	2.48	
LM	60 x 8	7.03	15.9	6.3	35	15.9	5/8	50	1.91	5.00	3.61	8.96	29.69	7.06	1.82	1.79	47.07	11.09	2.29	4.24	12.30	4.85	1.17	2.54	
LM	60 x 9	7.84	17.5	6.3	35	15.9	5/8	50	2.70	6.92	3.64	9.99	32.64	7.83	1.81	1.83	51.62	12.17	2.27	4.24	13.66	5.28	1.17	2.59	
LM	65 x 4	3.96	11.1	6.3	35	19	3/4	60	0.27	0.89	3.82	5.04	20.90	4.42	2.04	1.77	33.37	7.26	2.57	4.60	8.42	3.36	1.29	2.51	
LM	65 x 5	4.91	12.7	6.3	35	19	3/4	60	0.52	1.70	3.84	6.25	25.55	5.45	2.02	1.81	40.76	8.87	2.55	4.60	10.34	4.04	1.29	2.56	
LM	65 x 6	5.84	14.3	6.3	35	19	3/4	60	0.89	2.86	3.86	7.44	29.99	6.44	2.01	1.85	47.78	10.39	2.53	4.60	12.20	4.67	1.28	2.61	
LM	65 x 7	6.76	15.9	6.3	35	19	3/4	60	1.41	4.43	3.88	8.61	34.23	7.41	1.99	1.88	54.45	11.85	2.51	4.60	14.01	5.26	1.28	2.66	
LM	65 x 8	7.66	15.9	6.3	35	19	3/4	60	2.08	6.46	3.90	9.76	38.29	8.36	1.98	1.92	60.79	13.23	2.50	4.60	15.78	5.82	1.27	2.71	
LM	65 x 9	8.55	17.5	6.3	35	19	3/4	60	2.94	8.97	3.92	10.89	42.16	9.28	1.97	1.95	66.80	14.53	2.48	4.60	17.53	6.34	1.27	2.76	
LM	70 x 5	5.30	12.7	6.3	40	19	3/4	60	0.56	2.14	4.13	6.75	32.16	6.35	2.18	1.94	51.33	10.37	2.76	4.95	12.99	4.75	1.39	2.74	
LM	70 x 6	6.31	14.3	6.3	40	19	3/4	60	0.96	3.61	4.14	8.04	37.81	7.52	2.17	1.97	60.27	12.18	2.74	4.95	15.34	5.50	1.38	2.79	
LM	70 x 7	7.31	14.3	6.3	40	19	3/4	60	1.52	5.60	4.1														

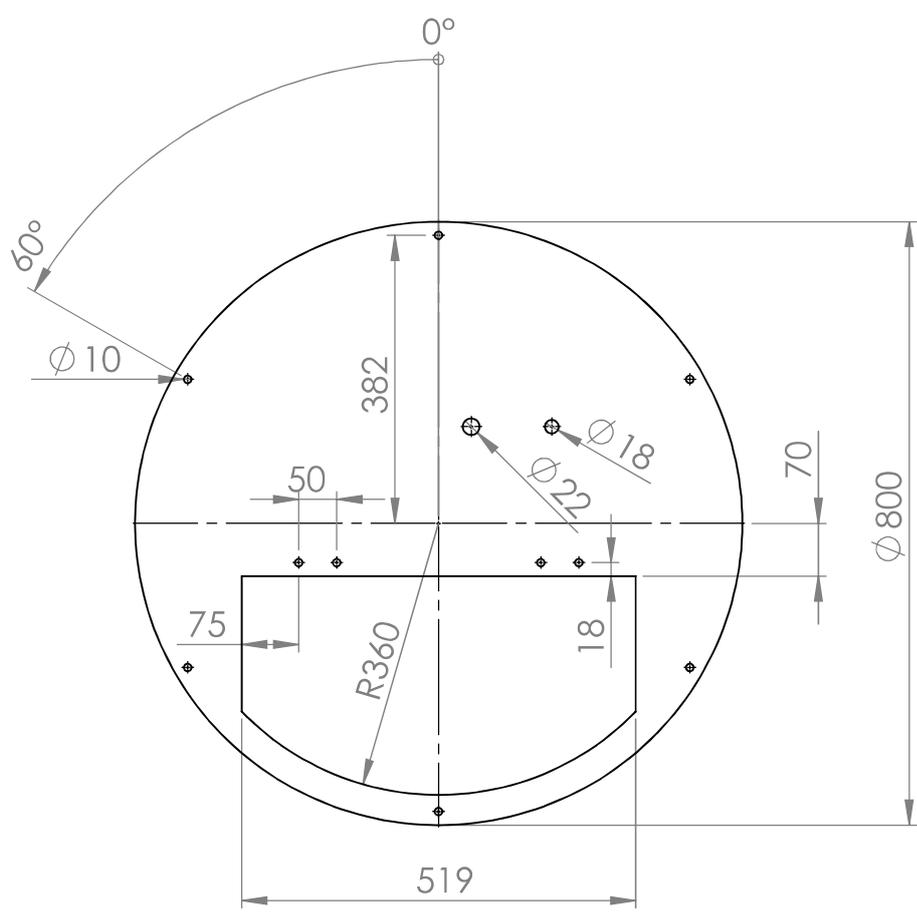
Anexo: N: Planos de la máquina de lavado y secado de plástico.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Ponton-Carrion</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Marlon Quinde</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ. Ponton-Carrion			VERIF.			APROB. Marlon Quinde			FABR.			CALID.			TÍTULO: Estructura base		A4
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
DIBUJ. Ponton-Carrion																							
VERIF.																							
APROB. Marlon Quinde																							
FABR.																							
CALID.																							
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO 1/16																				
PESO:			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1																		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Ponton-Carrion</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Marlon Quinde</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ. Ponton-Carrion			VERIF.			APROB. Marlon Quinde			FABR.			CALID.			TÍTULO: Base de Motor		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
DIBUJ. Ponton-Carrion																							
VERIF.																							
APROB. Marlon Quinde																							
FABR.																							
CALID.																							
MATERIAL: AISI 304			N.º DE DIBUJO 2/16		A4																		
PESO:			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1																		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO: Tapa de tambor	
DIBUJ.	Ponton-Carrion			N.º DE DIBUJO 4/16	
VERIF.				A4	
APROB.	Marlon Quinde			ESCALA:1:10	
FABR.				HOJA 1 DE 1	
CALID.			MATERIAL:		
			PESO:		

4 3 2 1

F

F

540

590

E

E

D

D

C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Ponton-Carrion		
VERIF.			
APROB.	Marlon Quinde		
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Chapa extendida 1	
N.º DE DIBUJO 5/16	A4
PESO:	ESCALA:1:5
	HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

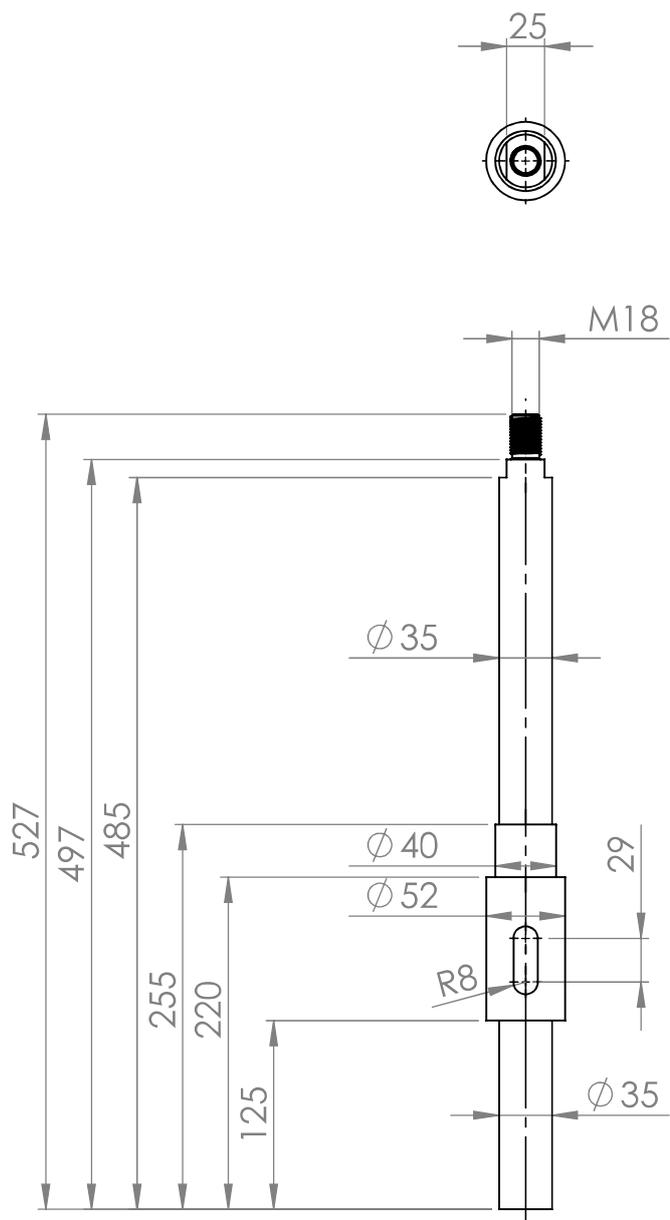
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Ponton-Carrion</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Marlon Quinde</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ. Ponton-Carrion			VERIF.			APROB. Marlon Quinde			FABR.			CALID.			TÍTULO: <h1>Eje</h1>	N.º DE DIBUJO <h1>7/16</h1>	A4
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
DIBUJ. Ponton-Carrion																							
VERIF.																							
APROB. Marlon Quinde																							
FABR.																							
CALID.																							
PESO:			ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1																			

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

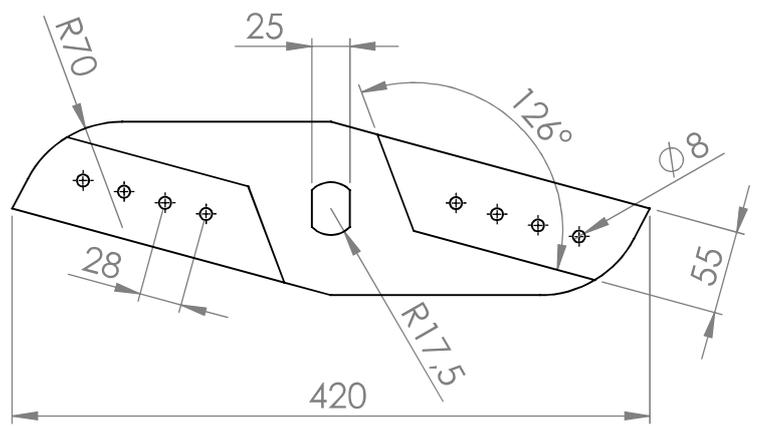
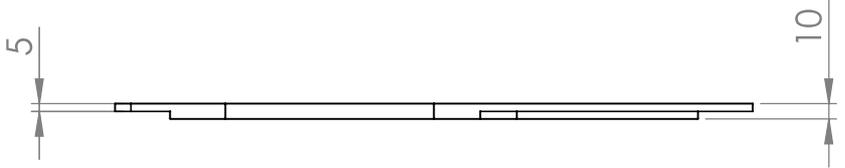
D

C

C

B

B

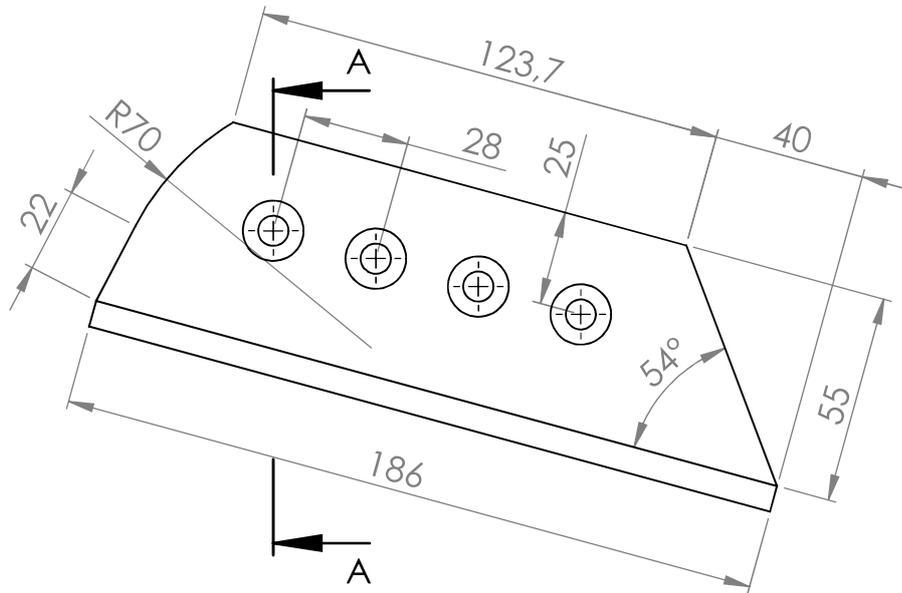


A

A

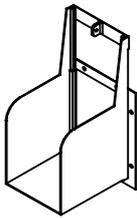
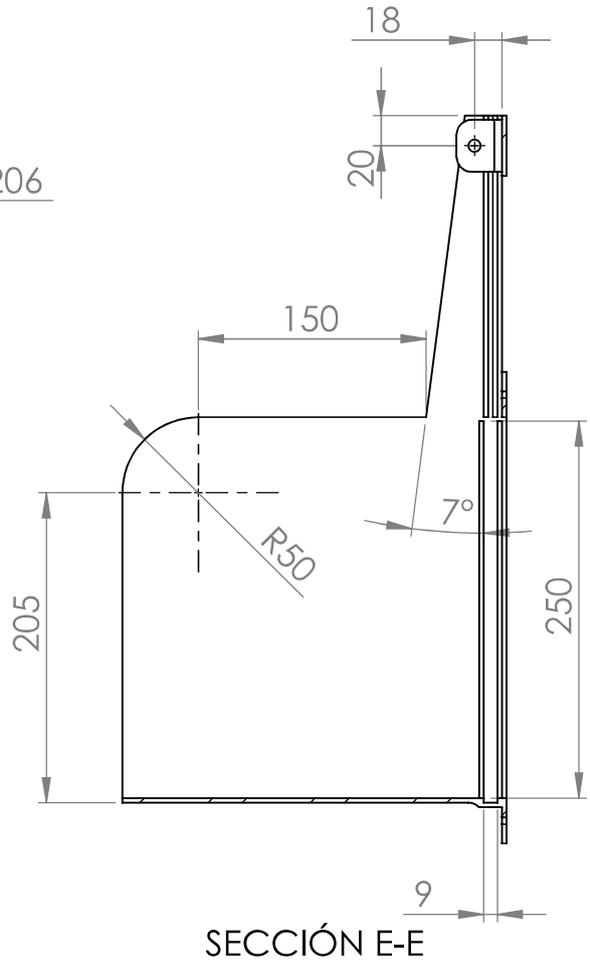
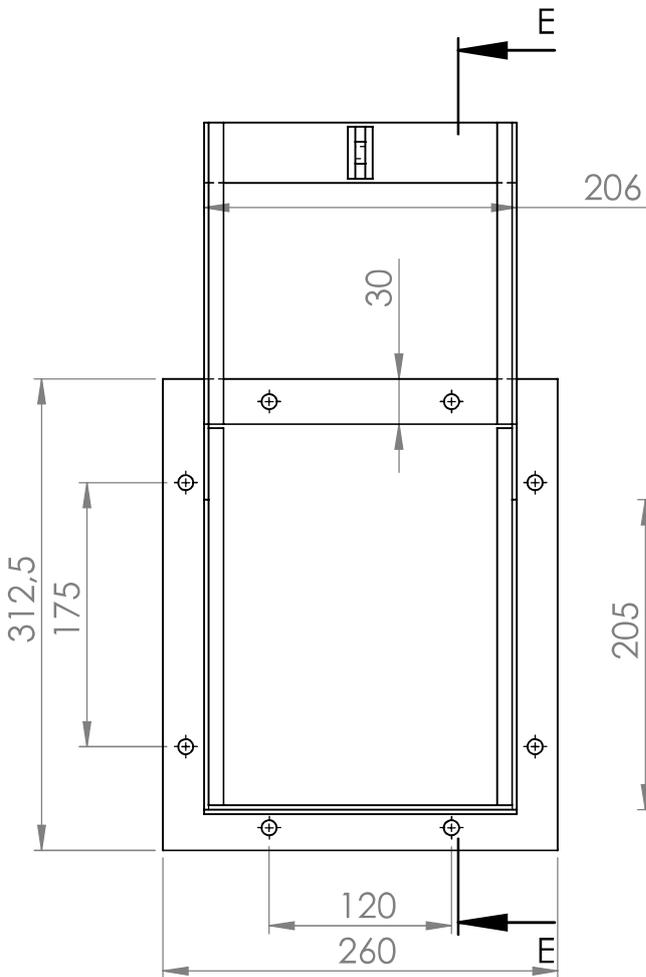
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ. Ponton-Carrion						<h1>Porta Cuchillas</h1>			
VERIF.									
APROB. Marlon Quinde						N.º DE DIBUJO		A4	
FABR.						<h2>8/16</h2>			
CALID.									
				MATERIAL:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	
				PESO:					

4 3 2 1

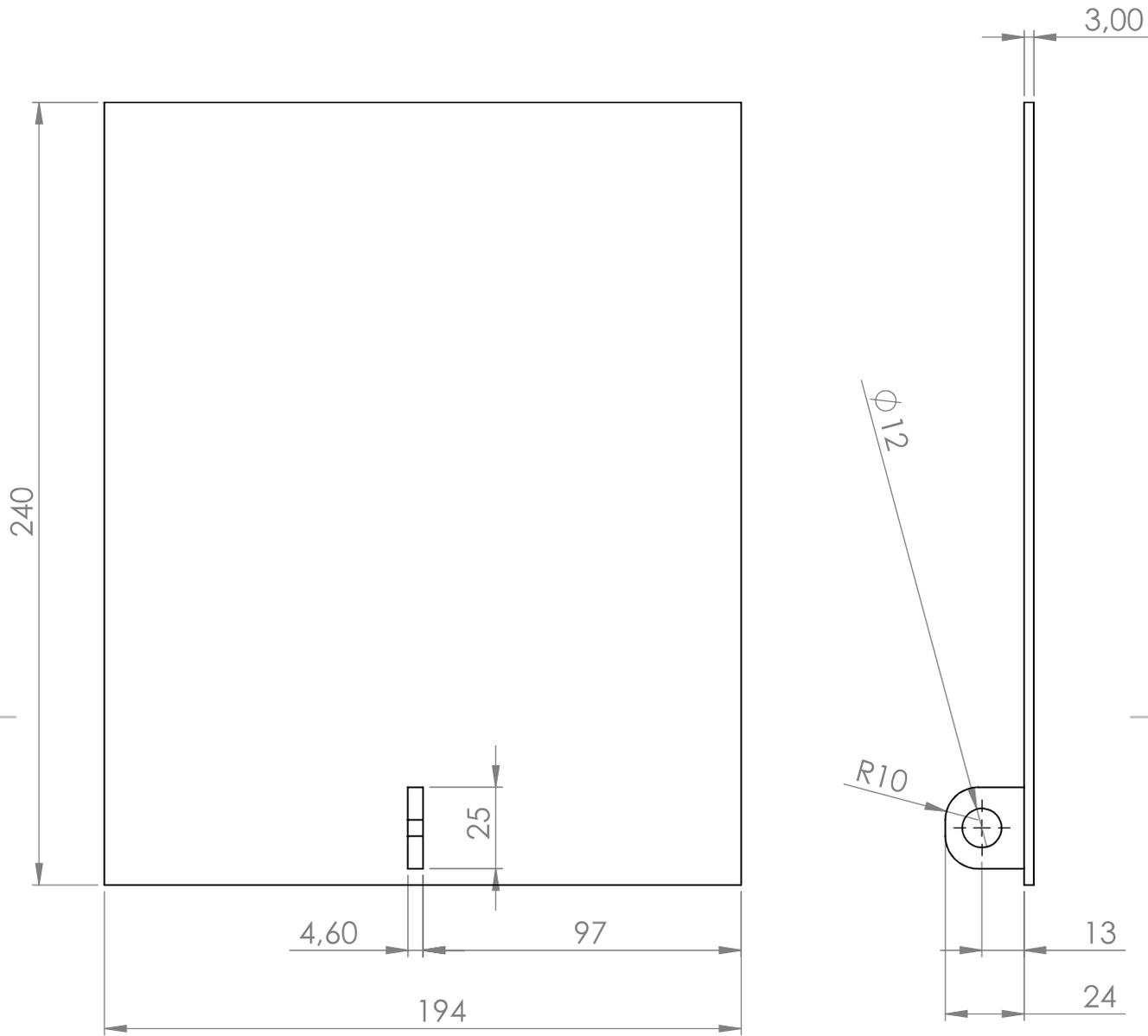


SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO: Cuchilla	
DIBUJ.	Ponton-Carrion				
VERIF.					
APROB.	Marlon Quinde				
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO 9/16	A4
PESO:			ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Ponton-Carrion</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Marlon Quinde</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. Ponton-Carrion				VERIF.				APROB. Marlon Quinde				FABR.				CALID.				TÍTULO: Compuerta de salida de material		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ. Ponton-Carrion																														
VERIF.																														
APROB. Marlon Quinde																														
FABR.																														
CALID.																														
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO 10/16		A4																								
PESO:				ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1																								



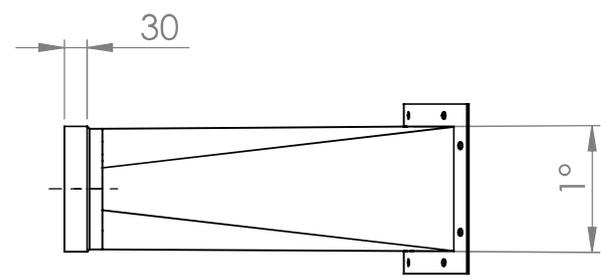
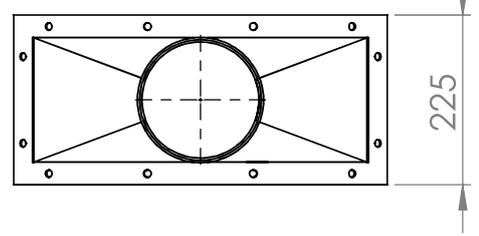
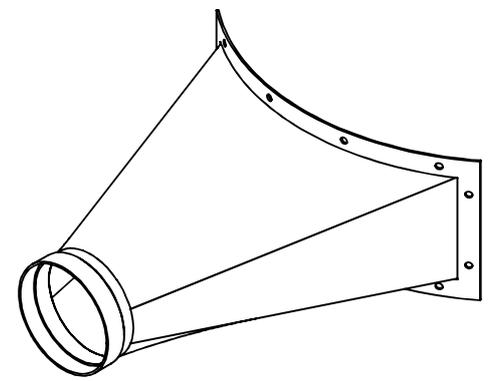
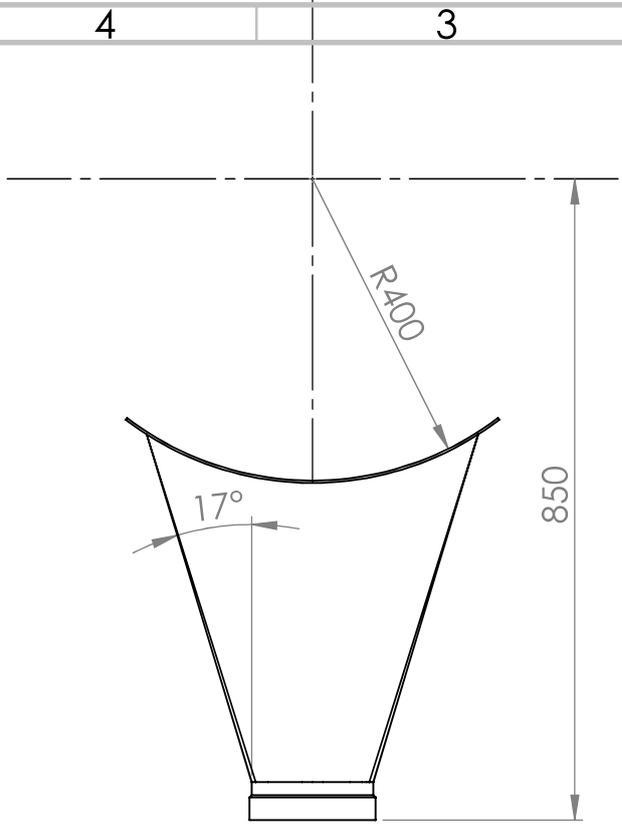
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.	Ponton-Carrion			
VERIF.				
APROB.	Marlon Quinde			
FABR.				
CALID.				MATERIAL:
				PESO:

TÍTULO: Tapa salida de material	
N.º DE DIBUJO 11/16	A4
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ. Ponton-Carrion</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. Marlon Quinde</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ. Ponton-Carrion				VERIF.				APROB. Marlon Quinde				FABR.				CALID.				TÍTULO: <h1>Sistema de secado radial</h1>		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ. Ponton-Carrion																														
VERIF.																														
APROB. Marlon Quinde																														
FABR.																														
CALID.																														
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO 13/16		A4																								
PESO:				ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1																								

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

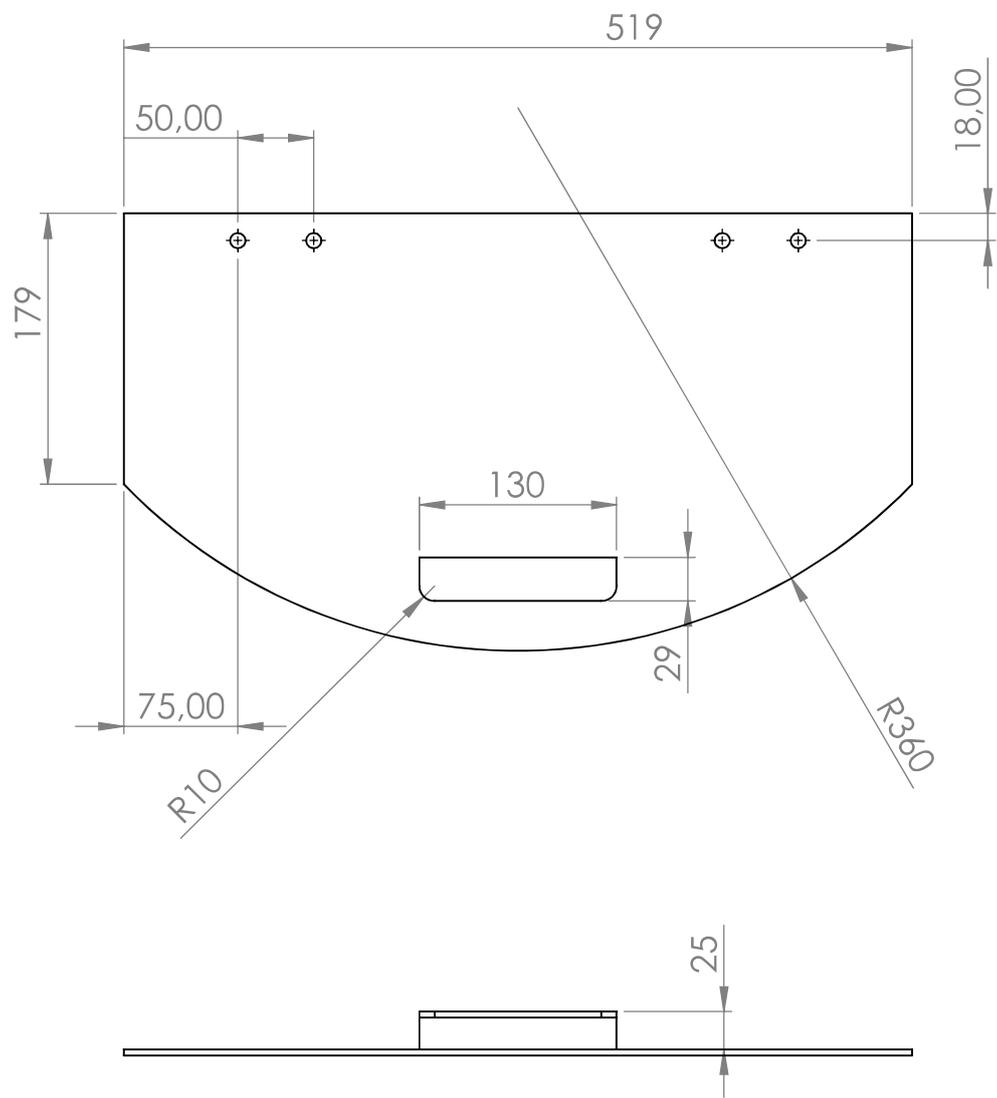
C

B

B

A

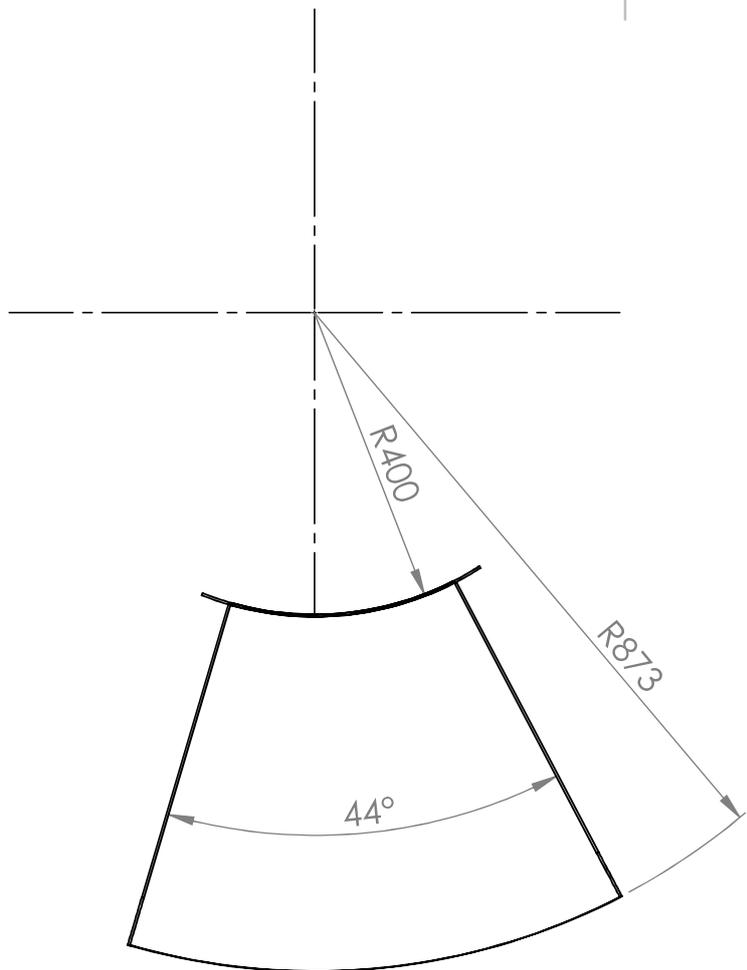
A



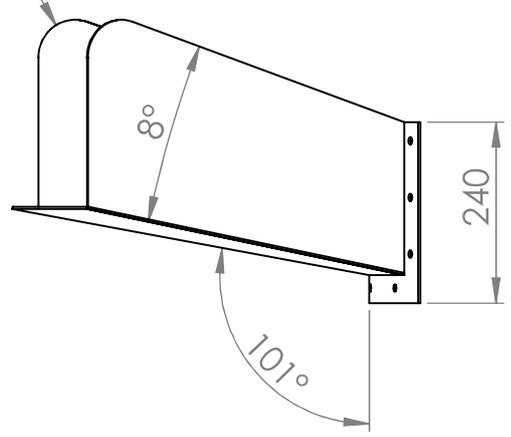
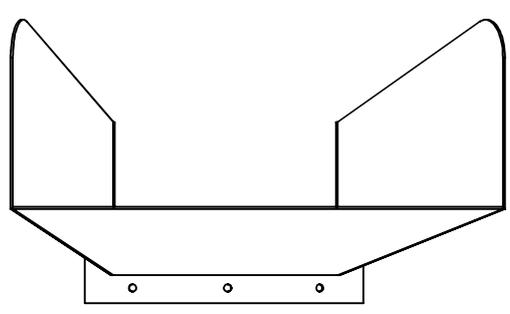
Espesor = 3mm

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	Tapa pequeña	
DIBUJ.	Ponton-Carrion		N.º DE DIBUJO	14/16	A4
VERIF.			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	
APROB.	Marlon Quinde		PESO:		
FABR.					
CALID.					

4 3 2 1



R VERDADERO 50,00



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Ponton-Carrion		
VERIF.			
APROB.	Marlon Quinde		
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	<h1>Tolva</h1>	
N.º DE DIBUJO	<h2>15/16</h2>	A4
PESO:	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

A

A

4

3

2

1

Anexo O: Esquema del programa PLC. Representación de terminales del PLC.

Esquema del programa



No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
001	i2	i4	q2	I1	t1	[M1	
002	Pulsante off	Apagado de sistema	Válvula	Pulsante on M1	Tiempo de lavado	TT1	
003				T1	i2	Tiempo de lavado [Q2	
004				Tiempo de lavado Q2		Válvula [Q8	
005			q7	Válvula T1		Bomba [Q3	
006			Cerrado de puerta	Tiempo de lavado Q3		Motor TT2	
007			q6	Motor T2		[Q4	
008			Puerta Abrir	Q4		Blower	
009			Q4	Blower a1		[Q5	
010			Blower q7	Señal de ST A2	q7	Resistencia [Q6	
011			Cerrado de puerta	Señal de SH Q6	Cerrado de puerta	Puerta Abrir TT3	
012			t4	Puerta Abrir T3		T. de puerta abierta [Q7	
013			Apagado de sistema	T. de puerta abierta Q7		Cerrado de puerta TT4	
014				Cerrado de puerta Q3		Apagado de sistema [Q1	
015				Motor		☑	
016							
017							
018							
019							
020							
021							



Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(1/4)	Pulsante on
I2		Entradas DIG	--	No hay parámetros	(1/1)	Pulsante off

Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(14/6)	Luz verde
Q2		Salidas DIG	No	(1/3) (3/6) (4/4)	Válvula
Q3		Salidas DIG	No	(5/6) (6/4) (14/4)	Motor
Q4		Salidas DIG	No	(7/6) (8/4) (9/3)	Blower
Q5		Salidas DIG	No	(9/6)	Resistencia
Q6		Salidas DIG	No	(7/3) (10/6) (11/4)	Puerta Abrir
Q7		Salidas DIG	No	(5/3) (10/3) (10/5) (12/6) (13/4)	Cerrado de puerta
Q8		Salidas DIG	No	(4/6)	Bomba

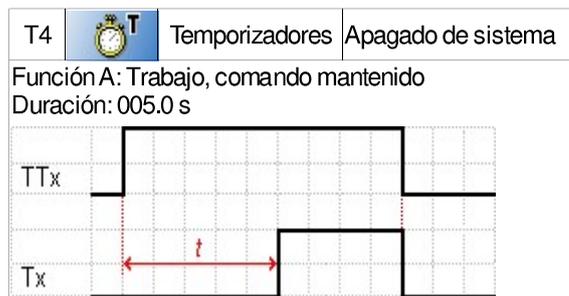
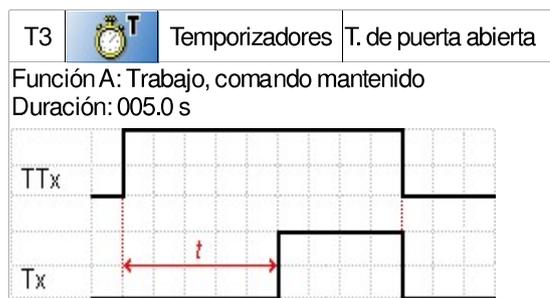
Funciones configurables

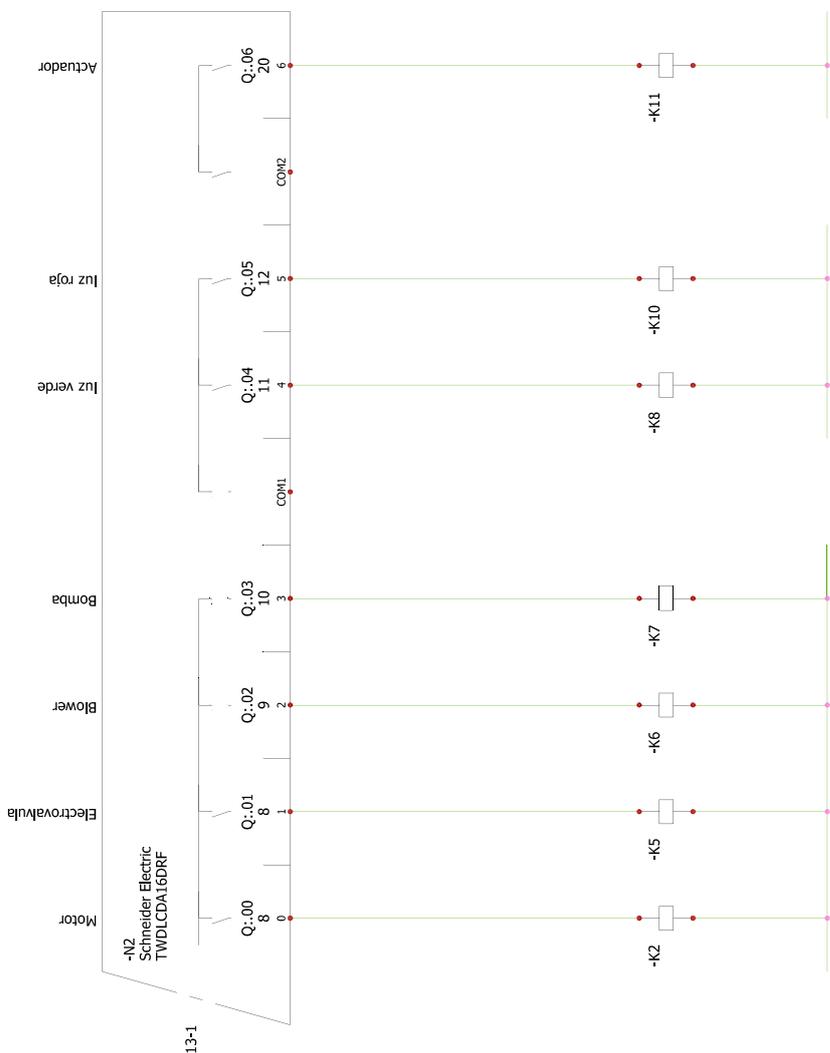
N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
A1		Comparadores analógicos	No	--	Ib <= 2.2	(9/4)	Señal de ST
A2		Comparadores analógicos	No	--	Ic > 2.7	(10/4)	Señal de SH
M1		Relés auxiliares	--	No	No hay parámetros	(1/6) (2/4)	
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(1/5) (2/6) (3/4) (5/4)	Tiempo de lavado
T2		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(3/5) (6/6) (7/4)	
T3		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(11/6) (12/4)	T. de puerta abierta
T4		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(1/2) (12/3) (13/6)	Apagado de sistema

Temporizador

T1		Temporizadores	Tiempo de lavado
----	--	----------------	------------------

Función A: Trabajo, comando mantenido
Duración: 005.0 s





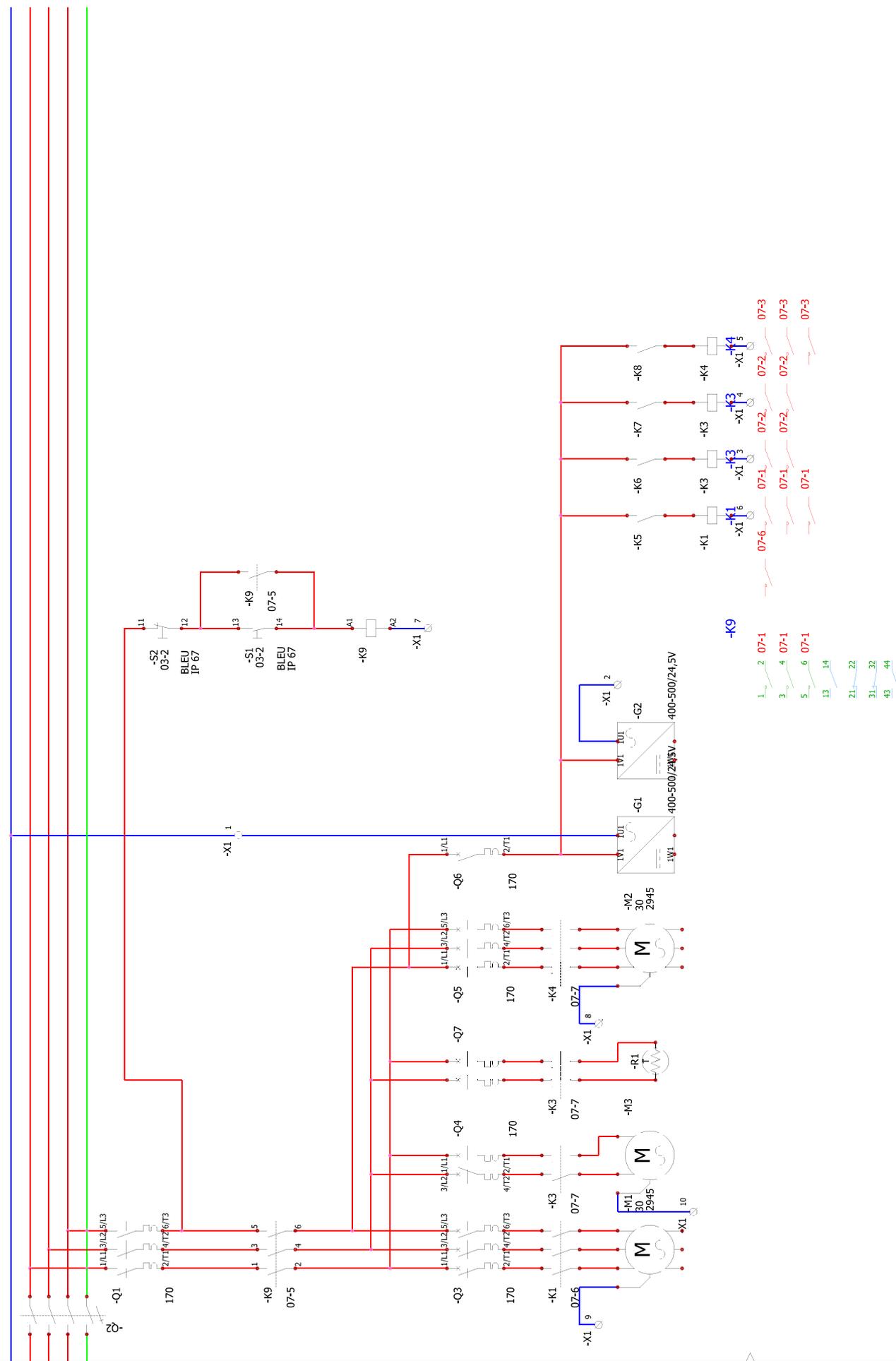
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Representación de las terminales del PLC - 2

CONTRACT: +L1 LOCATION: Main electrical closet

REV.	DATE	WIN-10 NAME	CHANGES
0	29/8/2022	WIN-10	USER data 1
0			USER data 2

REVISION 0
SCHEME 14



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Circuito de Fuerza		Main electrical closet		REVISION	
CONTRACT: +L1		LOCATION: +L1		User data 1		User data 2	
				0 27/8/2022 WIN-10		0	
				REV. DATE NAME		CHANGES	
						07	
						SCHEME	

Anexo Q: Costo de materiales.

COSTO DE MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	MATERIAL/ NORMA	DIMENSIONES	PESO [Kg]	CANT	COSTO UNIT.		COSTO NETO
					[USD/Kg]	[USD]	[USD]
Estructura de soporte	Perfil LM acero AISI 304	40 x 40 x 3mm		3		\$18,90	\$56,70
Tambor, puertas, tapas	Lámina acero AISI 304	1220 x 2440 x 3mm		1		\$324,70	\$324,70
Portacuchillas	Barra acero AISI 304		1,9			\$7,90	\$15,01
Cuchillas	Barra acero AISI 304		1			\$9,00	\$9,00
Eje del portacuchillas	Eje acero inoxidable AISI 304	1" 1/2 (38,10 mm)	4,8			\$7,90	\$37,92
Malla metálica para cerramiento		1 m ²		2		\$15,40	\$30,80
Chaveta	UNI 6604 - 69 - DIN 6885. Acero inoxidable			2		\$4,20	\$8,40
Motor trifásico	WEG W22 - 324 - 6T	25 HP		1		\$2.244,00	\$2.244,00
Poleas conductora y conducida	Intermec. PQ5B155 - T2 - SK Canal "V" para bujes QD	Ø 155mm		2		\$154,00	\$308,00
Correa clásica V	Perfil B	l= 1,9m		5		\$14,00	\$70,00
Bomba centrífuga	CPm620	1 HP, 1"		1		\$235,00	\$235,00
Boquilla de pulverización	UNIJET 1/2 T - SS + U25 50 - SS			4		\$12,00	\$48,00
Resistencia eléctrica de aletas	AL - 101 modelo P.	250 W		5		\$32,00	\$160,00
Ventilador centrífugo	CBXT - 12/12 - 2			1		\$406,00	\$406,00
Chumacera	CHUMACERA DE PARED 35MM FY 35 TF S			2		\$40,10	\$80,20
Sello mecánico	sello 35mm			1		\$10,35	\$10,35
Tubo	Galvanizado 1" x 1,5 mm	3m		1		\$7,00	\$7,00
Sensor de temperatura	IDT PT100			1		\$30,00	\$30,00
Sensor de humedad	HENGKO... HT			1		\$32,00	\$32,00
Válvula selenoide	Sanlixin	Ø 1"		1		\$70,00	\$70,00
Botón de encendido				1		\$6,00	\$6,00
Botón de apagado				1		\$6,00	\$6,00
Botón para de emergencia	Tipo hongo			1		\$7,50	\$7,50
Luz piloto	VERDE			1		\$3,50	\$3,50
	ROJO			1		\$3,50	\$3,50
	AMARILLO			1		\$3,50	\$3,50
Caja metálica para elementos de		60 x 60 x 20		1		\$95,09	\$95,09
Actuador eléctrico	JC35B5-QH			1		\$230,00	\$230,00
PLC	SR2A201BD			1		\$250,00	\$250,00
guardamotor	Schneider			5		\$40,00	\$200,00
Contactores	Schneider			4		\$43,00	\$172,00
Pernos	Hexagonal - DIN 933 - INOX	M10 x 25 mm		14		\$0,98	\$13,72
		M8 x 14 mm		14		\$0,49	\$6,86
		M18 x 50 mm		4		\$0,68	\$2,72
		M18 x 35 mm		4		\$0,62	\$2,48
Tuercas	Acero inoxidable 304	M10		14		\$0,33	\$4,62
Arandelas planas y presión	Galvanizado	M10		28		\$0,08	\$2,27
Varios						\$150,00	\$150,00
TOTAL:							\$5.342,84

Anexo R: Costo de mano de obra y mecanizado.

COSTO DE MANO DE OBRA Y MECANIZADO				
DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO POR HORA	HORAS HOMBRE	SUBTOTAL
		[USD/h]	[h]	
Técnico mecánico	1	5	64	320
Técnico electromecánico	1	5	64	320
Actividades de torno		25	3	75
Actividades de fresado		25	3	75
Actividades de taladrado		15	2	30
Actividades de soldadura		20	3	60
Actividades de cizallado, rolado y plegado		25	3	75
Actividades para endurecimiento de metales		10	2	20
TOTAL				\$975