

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño y Construcción de una Máquina de Encerado Automático
de Telas con Cera de Abejas**

Rodrigo Alejandro Chávez Carrera

Juan Francisco Vásquez Ruiz

Ingeniería Mecánica

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título
de Ingeniero Mecánico

Quito, 16 de mayo de 2024

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Diseño y Construcción de una Máquina de Encerado Automático de Telas
con Cera de Abejas**

Rodrigo Alejandro Chávez Carrera

Juan Francisco Vásquez Ruiz

Patricio Gabriel Chiriboga Arroyo, PhD., director de Tesis

Quito, 16 de mayo de 2024

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Rodrigo Alejandro Chávez Carrera

Código: 00214330

Cédula de identidad: 1726023573

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2024

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Juan Francisco Vásquez Ruiz

Código: 00208549

Cédula de identidad: 1003545660

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Esta tesis presenta el diseño y construcción de una máquina diseñada para la fabricación de telas enceradas con cera de abejas, las cuales están destinadas a la producción de empaques para alimentos que sean una alternativa ambientalmente amigable respecto de los envoltorios plásticos. Se emprendió con este proyecto con la finalidad de solventar la creciente necesidad de reducir el consumo de plásticos en el sector alimenticio y para optimizar la producción del emprendimiento ecuatoriano Rolling Bee, que actualmente produce envoltorios de tela encerada con cera de abejas de manera manual y artesanal.

La máquina consta de varios subsistemas que son claves para su funcionamiento: el mecanismo de alimentación de tela, el cual es el encargado de mover a la tela por medio de rodillos a lo largo del sistema de encerado; el sistema de distribución de cera, que cumple la función de distribuir la cera de abejas a lo largo de la tela; el reservorio de cera, donde se almacena y calienta toda la cera necesaria para el sistema; el sistema térmico, que es el encargado de mantener caliente, mediante resistencias eléctricas, a la cera del reservorio y el ambiente de encerado; el sistema de control, el cual controla la operación del motor y su velocidad, además de la temperatura del sistema; y finalmente, la estructura de apoyo de la máquina, que cumple el papel fundamental de dar soporte a todos los demás sistemas evitando vibraciones que puedan causar daños y fallas innecesarias.

A lo largo del proceso de diseño se consideraron varias alternativas mediante criterios ingenieriles y consideraciones éticas. Las soluciones más viables fueron elegidas con el fin de satisfacer las necesidades del cliente y manteniendo la confiabilidad y eficiencia adecuadas. Finalmente, se validó la funcionalidad de la máquina mediante un protocolo de pruebas que aseguraron que los productos finales, las telas enceradas, tengan una aplicación de cera consistente y uniforme, asegurando un proceso seguro y eficiente. Los resultados son discutidos desde el punto de vista ingenieril y se evalúa la eficacia del encerado de telas para la industria alimentaria como una solución que reemplace los empaques plásticos a la vez que se aprovechan las propiedades antimicrobianas de la cera de abejas.

Palabras clave: tela, encerado, cera de abejas, plástico, envoltorio.

ABSTRACT

This thesis presents the design and construction of a machine intended to produce beeswax-coated fabrics, aimed at creating food packaging as an environmentally friendly alternative to plastic wraps. The project was undertaken to address the growing need to reduce plastic consumption in the food sector and to optimize the production process of the Ecuadorian enterprise, Rolling Bee, which currently produces beeswax-coated fabric wraps manually and artisanally.

The machine integrates several key subsystems essential for its operation: the fabric feeding mechanism, responsible for moving the fabric through rollers along the waxing system; the wax distribution system, which distributes the beeswax evenly across the fabric; the wax reservoir, where all the wax needed for the system is store and heated; the thermal system, which keeps the wax and the environment hot using electric resistances; the control system, which manages the motor operation and its speed, as well as the system's temperature; and finally, the machine's support structure, which provides stability to all other systems, preventing vibrations that could cause unnecessary damage and failures.

Throughout the design process, various alternatives were considered based on engineering criteria and ethical considerations. The most viable solutions were chosen to meet the client's needs while ensuring adequate reliability and efficiency. The machine's functionality was validated through a testing protocol to ensure that the final products, the wax-coated fabrics, had a consistent and uniform wax application, ensuring a safe and efficient process. The results are discussed from an engineering perspective, evaluating the effectiveness of fabric waxing for the food industry as a solution to replace plastic packaging while leveraging the antimicrobial properties of beeswax.

Keywords: fabric, waxed, beeswax, plastic, packaging.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
	A. Resumen Ejecutivo.....	13
	B. Definición del Problema y Especificación del proyecto.....	15
	C. Conceptos y Selecciones de Diseño.....	16
	<i>i. Mecanismo de Alimentación y Aplicación de Cera.....</i>	<i>18</i>
	<i>ii. Reservorio de Cera.....</i>	<i>21</i>
	<i>iii. Mecanismo de Alimentación de Tela.....</i>	<i>23</i>
	<i>iv. Sistema de Calentamiento.....</i>	<i>26</i>
	<i>v. Sistema de Control.....</i>	<i>26</i>
	<i>vi. Estructura de Apoyo.....</i>	<i>29</i>
	<i>vii. Resumen de la Selección de Alternativas.....</i>	<i>29</i>
	D. Gestión del proyecto.....	30
	<i>i. Parámetros teóricos y planificación:.....</i>	<i>30</i>
	<i>ii. Cálculos térmicos.....</i>	<i>31</i>
	<i>iii. Cálculos estáticos y dinámicos:.....</i>	<i>31</i>
	<i>iv. Compra de materiales.....</i>	<i>31</i>
	<i>v. Construcción y ensamble de los subsistemas.....</i>	<i>32</i>
	<i>vi. Pruebas de funcionamiento.....</i>	<i>32</i>
	<i>vii. Presentaciones y Portafolio.....</i>	<i>32</i>
	E. Estándares ingenieriles.....	33
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
	A. Selección de Materiales y Componentes.....	33
	B. Diseño para Manufactura.....	35
	<i>i. Fabricación del Reservorio.....</i>	<i>38</i>
	<i>ii. Fabricación de Rodillos de la Transmisión (Motriz e Impulsado).....</i>	<i>40</i>
	<i>iii. Fabricación del Rodillo Loco.....</i>	<i>42</i>
	<i>iv. Fabricación de las Tuberías.....</i>	<i>43</i>
	<i>v. Fabricación de la Caja Térmica.....</i>	<i>44</i>
	<i>vi. Ensamble de la Máquina.....</i>	<i>46</i>
3.	DISCUSIÓN.....	48
	A. Análisis Ingenieril.....	48
	<i>i. Análisis Volumétrico y de Velocidades de la Cera.....</i>	<i>48</i>
	<i>ii. Análisis de Velocidades de la Tela.....</i>	<i>52</i>
	<i>iii. Caudal de Goteo.....</i>	<i>53</i>

iv.	<i>Diámetro y disposición de las tuberías.</i>	54
v.	<i>Análisis de Velocidades en los Rodillos y Poleas.</i>	55
vi.	<i>Cálculo de la Inercia y el Torque que debe superar el motor.</i>	57
vii.	<i>Selección de la Potencia del Motor.</i>	59
viii.	<i>Selección de las Poleas de Transmisión y de la Banda.</i>	60
ix.	<i>Análisis de transferencia de calor en el reservorio</i>	64
x.	<i>Sistema de control</i>	67
xi.	<i>Ensayos de tracción de las telas.</i>	69
xii.	<i>Diseño 3D del Sistema</i>	72
B.	Reporte de Diseño.	77
C.	Experimentación Ingenieril para Verificaciones	78
D.	Plan de Prueba del Prototipo	78
E.	Seguridad a través del Diseño	89
F.	Manual de Operaciones y Mantenimiento	93
G.	Costos	93
H.	Resultados, Discusión y Conclusiones	95
I.	Trabajos Futuros	98
J.	Referencias	101
4.	APÉNDICES	102
A.	Planos de Ingeniería y Cálculos Detallados	102
B.	Gestión del Proyecto	110
	B1. Diagrama de Gantt Completo	110
	B2. Presupuesto y Reporte de Gastos	111
	B3. Manual de Operaciones y Mantenimiento	112
	B4. Tabla de Análisis de Riesgos	125
C.	Archivo	126

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sistema de alimentación de cera por goteo y uniformización por cepillos.	18
Ilustración 2. Sistema de alimentación de cera por goteo y uniformización por rodillos.	19
Ilustración 3. Sistema de alimentación de cera por aspersor y uniformización por rodillos.	19
Ilustración 4. Sistema de alimentación por inmersión y uniformización por rodillos.	20
Ilustración 5. Resistencias Eléctricas (Recuperado de resistencias TOPE)	26
Ilustración 6. PLC (Recuperado de Comestech)	27
Ilustración 7. Arduino (Recuperado de Arduino).	28
Ilustración 8. Variador de Frecuencia.	29
Ilustración 9. Simbología utilizada en los diagramas de flujo del plan de manufactura.	36
Ilustración 10. Diagrama de flujo de la fabricación del reservorio.	38
Ilustración 11. Diagrama de flujo de la fabricación de los rodillos de transmisión (Motriz e Impulsado) .	40
Ilustración 12. Diagrama de flujo de la fabricación del rodillo loco.	42
Ilustración 13. Diagrama de flujo de la fabricación de las tuberías.	43
Ilustración 14. Diagrama de flujo de la fabricación de la caja térmica.	45
Ilustración 15. Diagrama de flujo del ensamble de la máquina	47
Ilustración 16. Esquema de aplicación de la cera por goteo.	48
Ilustración 17. Esquema del charco de cera sobre la tela.	49
Ilustración 18. Esquema de espaciamento entre gota y gota.	51
Ilustración 19. Esquema de la configuración real del sistema de encerado.	52
Ilustración 20. Disposición de agujeros en una de las diez tuberías horizontales del dispensador.	55
Ilustración 21. Esquema de funcionamiento de los rodillos unidos por una banda en las poleas A y B.	56
Ilustración 22. Esquema de cargas en los rodillos.	57
Ilustración 23. Placa de especificaciones del motor.	60
Ilustración 24. Tabla de selección para bandas convencionales.	61
Ilustración 25. Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor eléctrico.	62
Ilustración 26. Tabla de selección de combinación de poleas y banda.	63
Ilustración 27. Esquema de transferencia de calor en el reservorio.	65
Ilustración 28. Diagrama de conexiones (Circuito de Potencia y Circuito de Control).	68
Ilustración 29. Circuito de conexiones del sistema térmico.	69
Ilustración 30. Diagrama de la fuerza de tracción en función de la elongación de la tela.	71
Ilustración 31. Reservorio de Cera.	72
Ilustración 32. Sistema de Alimentación de Tela.	73
Ilustración 33. Sistema de Alimentación de Tela Construido.	73
Ilustración 34. Tuberías del sistema de goteo de cera.	74
Ilustración 35. Ensamble total de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas.	74

Ilustración 36, Ensamble total de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas	
Construido	75
Ilustración 37. Vista del ensamble total de la máquina.	76
Ilustración 38. Vista lateral del ensamble total de la máquina Construida	76
Ilustración 39. Resultados preliminares de enceramiento de tela.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Subsistemas de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas.....	17
Tabla 2. Escala de calificación de criterios ingenieriles para la selección de alternativas de diseño.	17
Tabla 3. Matriz de selección de alternativas de diseño del Mecanismo de Alimentación y Aplicación de Cera.	21
Tabla 4. Matriz de selección de alternativas de diseño del Reservorio de Cera.	23
Tabla 5. Matriz de selección de alternativas de diseño del Mecanismo de Alimentación de Tela.	25
Tabla 6. Matriz de selección de alternativas para el sistema de control.	29
Tabla 7. Resultados de ensayos de tracción.....	70
Tabla 8. Resumen de las pruebas de calentamiento.	85
Tabla 9. Resumen de las pruebas de giro.	86
Tabla 10. Resumen de las pruebas de flujo.	87
Tabla 11. Resumen de las pruebas de encerado.	88
Tabla 12. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema de alimentación de cera.	94
Tabla 13. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema de alimentación de tela.	94
Tabla 14. Detalle de costos de los materiales necesarios para la fabricación de la estructura de la máquina.	95
Tabla 15. Costo de la mano de obra.	95
Tabla 16. Costos del sistema de control.	95
Tabla 17. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema térmico.	95

1. INTRODUCCIÓN

A. Resumen Ejecutivo

En un mundo donde la crisis ambiental causada por el uso desenfrenado de plásticos, la innovación surge como una herramienta imprescindible. La tendencia actual del uso de plástico para los próximos 30 años es que los desechos alcancen unos 12 000 millones de toneladas contaminando el ambiente (The Nature Conservancy, 2021). Las fundas y envoltorios de plástico se usan tradicionalmente como métodos de almacenamiento de comida de un solo uso, lo que genera un impacto negativo en el medio ambiente (Skiver, 2023). Sin embargo, existe una alternativa a los plásticos de un solo uso que está ganando popularidad: los envoltorios de tela encerados con cera de abeja. Esta opción ofrece a los usuarios envoltorios más sostenibles y reutilizables manteniendo propiedades antimicrobianas en los mismos por medio de la cera de abejas.

Rolling Bee es un emprendimiento ecuatoriano con sede en la ciudad de Quito que está enfocado en la producción de envoltorios a base de materias primas naturales como las telas de algodón natural, la cera de abejas y la resina de pino. Para su producción, una mezcla de cera de abejas y resina de pino es a fuego bajo para luego ser aplicada con una brocha, procurando una distribución uniforme, en las telas que previamente son calentadas sobre una plancha caliente, dicho proceso es completamente artesanal y realizado a mano por una persona, lo que implica riesgos de sufrir quemaduras y afectaciones por una posible mala ergonomía de esta.

Ante la mencionada problemática, se ha reconocido la necesidad de automatizar el proceso de encerado mediante la construcción de una máquina lo suficientemente eficiente para producir telas enceradas con cera de abejas. Como resultado, la máquina deberá generar telas con hidrofobicidad y propiedades antimicrobianas adecuadas, destinadas a proteger los

alimentos almacenados en ellas. Además, se busca reducir los riesgos asociados con la aplicación de la cera, al tiempo que se aumenta la competitividad de la marca Rolling Bee en el mercado ecuatoriano. Esto permitiría que la empresa sea pionera en contar con una máquina automática de encerado de telas en el país.

Para la fabricación de la máquina, se han elegido las soluciones más óptimas entre diferentes alternativas de diseño, considerando en todo momento los criterios ingenieriles necesarios para satisfacer las necesidades específicas de la máquina y la ética requerida para que el proceso de manufactura de telas enceradas con cera de abejas cumpla con las regulaciones de los organismos reguladores de productos destinados a la industria alimentaria, como la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) en Ecuador. Posteriormente, teniendo en cuenta los materiales aptos para la máquina y habiendo seleccionado el diseño más favorable, se propuso un plan de manufactura para cada una de las piezas que necesitaban construirse y para el ensamblaje de toda la máquina. Además, se evaluaron los riesgos presentes en todo el proyecto, durante la manufactura y la operación de la máquina, y se tomaron las decisiones pertinentes para mitigar dichos riesgos.

Dado que la máquina está destinada a la fabricación de envoltorios para la industria alimentaria, el uso de acero inoxidable para las partes que tienen contacto con las telas y que soportan temperaturas altas fue indispensable. Por este motivo, uno de los desafíos más importantes en la elaboración de este proyecto fue trabajar con acero inoxidable debido a su costo y sus propiedades mecánicas. Los costos de este material en el mercado son altos y, a pesar de que sus propiedades mecánicas son muy favorables a la hora de buscar resistencia, la trabajabilidad del material requiere mano de obra calificada y experimentada.

Luego de un arduo trabajo, la máquina fue construida y fue necesario evaluar los resultados obtenidos tanto en su calibración como en la producción de telas enceradas con

cera de abejas. Para ello, se elaboró un protocolo de pruebas que evalúa el flujo de cera caliente adecuado, la alineación de los rodillos del sistema de alimentación de tela, la velocidad de avance de la tela y el espesor del encerado alcanzado mediante los rodillos de uniformización. Las pruebas demostraron que se logró una aplicación de cera uniforme sobre la tela, que las velocidades calculadas fueron correctas y que el flujo de cera caliente es el adecuado.

Aunque la máquina cumple con los objetivos establecidos en un principio, se considera que puede mejorarse en muchos aspectos para lograr un mayor grado de automatización en el encerado de telas. A la máquina se le puede implementar un sistema de enrollado de la tela encerada para facilitar su almacenamiento. También se puede adaptar un sistema de enfriamiento que permita que la tela encerada y uniformizada se seque más rápidamente antes de su almacenamiento. Además, se puede seleccionar un sistema de distribución de cera más eficiente y adecuado, como por ejemplo la aplicación de cera por aspersores, el cual fue evaluado y considerado, pero debido a su alto costo no fue implementado.

El impacto que la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas dejará es la apertura de la sociedad a un futuro en donde se busque hacer uso de envoltorios para alimentos que sean libres de plástico y que a la vez mantengan la inocuidad de los alimentos. También ayudará a que Rolling Bee aumente sus volúmenes de producción de telas enceradas, evitando riesgos de quemaduras y aumentando la competitividad de dicho emprendimiento en el mercado ecuatoriano.

B. Definición del Problema y Especificación del proyecto

Debido a la creciente industria de los plásticos, la reducción de estos es algo necesario para ser más amigables con el medio ambiente. Por otro lado, el uso de envoltorios de tela encerados está siendo cada vez más implementado con el afán de reducir el uso de plásticos. Dichos envoltorios son utilizados para empaquetar comidas como frutas, productos horneados y quesos.

Rolling Bee es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de envoltorios hechos a base de materias primas naturales que hasta ahora se han producido de manera manual y artesanal. La producción de telas enceradas a mano implica un proceso en el que existe un riesgo de quemaduras y toma mucho tiempo ya que cada una de las telas debe ser encerada a la vez. Es por ello por lo que se ha identificado la oportunidad de automatizar este proceso con la finalidad de reducir los riesgos inherentes al proceso, hacer que el proceso de encerado sea más eficiente, y, que a su vez sea más fácil y rápido hacerlo, manteniendo una perspectiva con el medio ambiente, produciendo envolturas libres de plásticos.

C. Conceptos y Selecciones de Diseño

Con la finalidad de seleccionar el diseño adecuado de la máquina de encerado automático con cera de abejas, se ha dividido al sistema en siete subsistemas que se detallan a continuación.

Subsistemas de la Máquina de Encerado Automático	
#	Subsistema
1	Mecanismo de alimentación y aplicación de cera
2	Reservorio de cera
3	Alimentación de tela
4	Sistema de Calentamiento
5	Sistema de Control
6	Sistema de Enfriamiento
7	Estructura de apoyo

Tabla 1. Subsistemas de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas.

Posteriormente, se ha diseñado una matriz de selección de alternativas de diseño para cada uno de los subsistemas en donde bajo criterios ingenieriles determinados para cada uno de ellos se ha determinado la mejor opción. Para ello, se ha determinado la escala de calificación de criterios ingenieriles que se muestra a continuación.

Escala de calificación de criterios	
1	Pésimo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Tabla 2. Escala de calificación de criterios ingenieriles para la selección de alternativas de diseño.

Más adelante, se encuentra el análisis de alternativas de diseño para cada uno de los subsistemas junto con la definición de cada uno de los criterios ingenieriles considerados y se presenta la decisión tomada respecto a la mejor opción para cada subsistema.

i. Mecanismo de Alimentación y Aplicación de Cera

Este punto detalla al subsistema que se encargará de la alimentación, aplicación y uniformización de cera sobre la tela. Para ello se han tomado distintas alternativas, cada una con sus diferentes pros y contras. Las distintas alternativas se describen a continuación:

- 1) *Sistema de alimentación por goteo y uniformización por cepillos:* El sistema consiste en un goteo por medio de una tubería con huecos que hará la dosificación sobre la tela y posteriormente un sistema de uniformización con el uso de brochas.

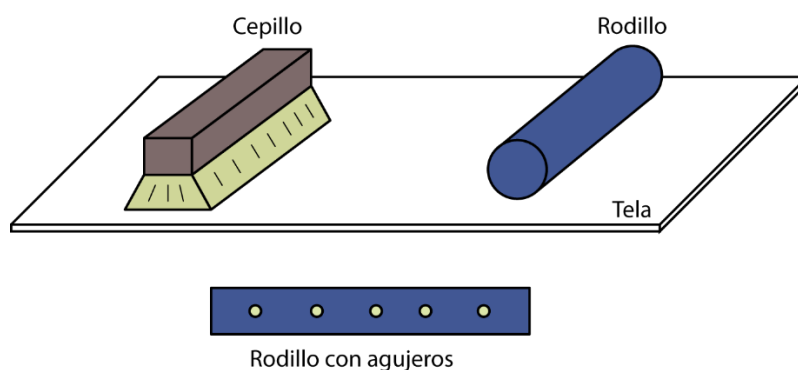


Ilustración 1. Sistema de alimentación de cera por goteo y uniformización por cepillos.

- 2) *Alimentación por goteo y uniformización por rodillos:* Este sistema consiste en una serie de tuberías con agujero que dispensan la cera derretida sobre la tela y posteriormente esta es uniformizada con el uso de rodillos que distribuirían la tela uniformemente por toda el área de esta.

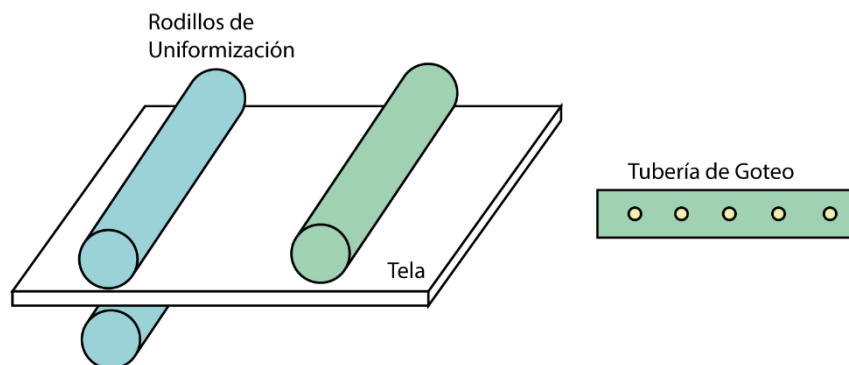


Ilustración 2. Sistema de alimentación de cera por goteo y uniformización por rodillos.

- 3) *Alimentación por aspersor y uniformización por rodillos:* Este sistema consiste en una serie de aspersores colocados sobre una tubería que dispensan la cera derretida sobre la tela y posteriormente esta es uniformizada con el uso de rodillos que distribuirían la tela uniformemente por toda el área de esta.

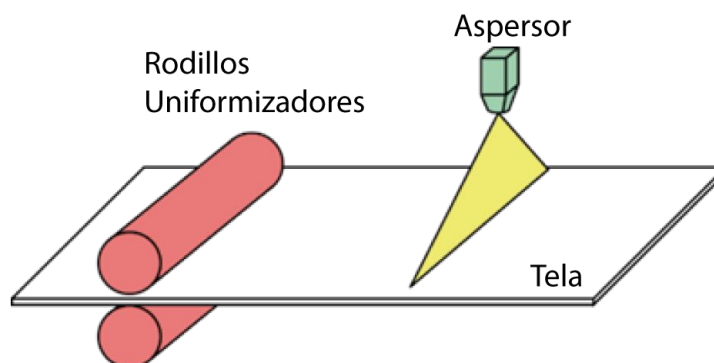


Ilustración 3. Sistema de alimentación de cera por aspersor y uniformización por rodillos.

- 4) *Alimentación por inmersión y uniformización por rodillos:* Este es uno de los sistemas más utilizados en el mundo en empresas que ya que puede hacer grandes

producciones en rápidos tiempos. Este proceso se lo hace mediante una inmersión en una piscina con cera derretida y posteriormente se la uniformiza con rodillos.

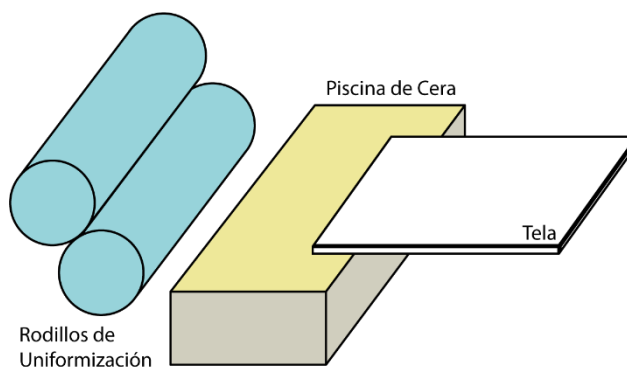


Ilustración 4. Sistema de alimentación por inmersión y uniformización por rodillos.

Todas estas alternativas se han evaluado según criterios ingenieriles concretos para el sistema, que se adecúan a las necesidades del sistema:

- *Costo:* Se refiere a la evaluación del gasto de implementación, adquisición y operación de la alternativa.
- *Dosificación adecuada de cera:* Se refiere a que tan uniforme es la dosificación de la cera y los posibles problemas que existan.
- *Facilidad de construcción:* Se refiere a la sencillez de construcción del sistema.
- *Facilidad de Control:* Se refiere a que tan sencillo es el controlar la dosificación de cera sobre las telas.
- *Facilidad de mantenimiento y reparación:* Se refiere a la facilidad de dar mantenimiento al sistema ya que al ser un fluido viscoso suele quedar pegado.
- *Adaptabilidad a otros sistemas:* Considera que tan factible es el funcionamiento de la alternativa en conjunto con el resto de los subsistemas de la máquina de encerado.

- *Seguridad operativa*: Se refiere a la seguridad con la que se va a operar el sistema para que el operador o el propio sistema no se vea dañado a la hora de ponerse en funcionamiento.
- *Velocidad de producción*: Se refiere a las cantidades de producción de tela que alcanza este sistema y si cumple con lo esperado, y si la velocidad puede ser controlada.

A continuación, se presenta la matriz de evaluación de los para la selección de este subsistema.

Subsistema 1: Mecanismo de alimentación y aplicación de cera									
Criterios Ingenieriles	Peso [%]	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3		Alt. 4	
		Valor	Peso	Pond.	Peso	Pond.	Peso	Pond.	Peso
Costo	20	3	0,6	4	0,8	3	0,6	3	0,6
Dosificación adecuada de cera	20	3	0,6	3	0,6	4	0,8	4	0,8
Facilidad de construcción	10	3	0,3	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Facilidad de control	10	4	0,4	3	0,3	3	0,3	2	0,2
Facilidad de mantenimiento y reparación	10	3	0,3	4	0,4	3	0,3	3	0,3
Adaptabilidad a otros subsistemas	10	4	0,4	4	0,4	4	0,4	3	0,3
Seguridad Operativa	10	3	0,3	3	0,3	4	0,4	2	0,2
Velocidad de producción	10	4	0,4	3	0,3	3	0,3	2	0,2
TOTAL	100		3,3		3,5		3,4		3

Tabla 3. Matriz de selección de alternativas de diseño del Mecanismo de Alimentación y Aplicación de Cera.

De esta manera, tras ser evaluados los distintos tipos de sistemas, se tomó la decisión de implementar la alimentación por rodillos y la uniformización por rodillos ya que es el sistema más conveniente para este caso.

ii. Reservorio de Cera

Este subsistema va a utilizar para mantener y calentar la cera, de este partirá la cera a todos los sistemas siguientes. Inevitablemente el sistema necesita ser un tanque para

poder almacenar la cera, pero necesita un sistema de calentamiento, para lo cual se han pensado dos posibles alternativas que ayuden a mantener caliente la cera.

- 1) *Calentamiento envolvente*: Se utilizará una niquelina o resistencias que envuelvan al tanque de almacenamiento para que exista un calentamiento uniforme en todo el sistema y se pueda mantener caliente todas las zonas sin riesgo a que se quemen ciertas zonas donde está la cera.
- 2) *Calentamiento inferior*: Este tipo de calentamiento se realizaría desde la cara baja del cilindro de almacenamiento con el uso de resistencias o niquelinas para poder mantener la temperatura y manejar la cera de forma sencilla.

Los criterios ingenieriles estipulados para este sistema fueron tomados en base a las necesidades, y son los siguientes:

- *Costo*: Se refiere a la evaluación del gasto de implementación, adquisición y operación de la alternativa.
- *Deformidad por Calor*: Evalúa los posibles daños en el reservorio por fuentes de calor como las resistencias o niquelinas, y cuál es la más útil para evitar estos daños.
- *Adaptabilidad a otros subsistemas*: Considera que tan factible es el funcionamiento de la alternativa en conjunto con el resto de los subsistemas de la máquina de encerado.
- *Aislamiento térmico y control de temperatura*: Considera los posibles cambios de temperatura que existan por convección natural del medio ambiente y como se puede controlar esto para tratar de mantener la temperatura uniforme en todo el reservorio.

Luego de evaluar las alternativas, se generó una matriz de evaluación para la selección del sistema:

Subsistema 2: Resorvorio - Eleccion de diseño					
Criterios Ingenieriles	Peso [%]	Alt. 1		Alt. 2	
		Valor	Peso	Pond.	Peso
Costo	20	4	0,8	3	0,6
Deformabilidad por el calor	20	3	0,6	3	0,6
Adaptabilidad a otros subsistemas	30	4	1,2	4	1,2
Aislamiento térmico y control de temperatura	30	3	0,9	5	1,5
TOTAL	100		3,5		3,9

Tabla 4. Matriz de selección de alternativas de diseño del Resorvorio de Cera.

Para este sistema se seleccionó el calentamiento inferior ya que es la alternativa que mejor funciona para esta aplicación.

iii. *Mecanismo de Alimentación de Tela*

Este subsistema es el encargado de mantener la alimentación de tela de manera que pueda ser encerada por medio de otros subsistemas. Las alternativas de diseño para este mecanismo se describen a continuación:

- 1) *Sistema de transporte por rodillos*: Consta de un set de rodillos que están dispuestos a la entrada y a la salida del sistema de encerado, manteniendo constantemente la tensión de rollos de tela de un tamaño específico, proporcionando de inicio a fin un almacenamiento de telas más eficiente, es decir las telas tanto sin encerar como enceradas pueden almacenarse en rollos.
- 2) *Cinta transportadora*: Esta alternativa está compuesta por una banda flexible que se desplaza continuamente entre dos poleas. Las telas se colocan sobre la cinta y esta las mueve a través del sistema de encerado. Su velocidad y dirección puede ser controlada con facilidad mediante este sistema.
- 3) *Pinzas automáticas*: Se trata de un sistema de sujeción y transporte para que las telas sean desplazadas a lo largo del sistema de encerado. Una vez que las

telas hayan sido enceradas las pinzas las sueltan en el lugar seleccionado para su almacenamiento.

- 4) *Mesa de desplazamiento controlado*: Se trata de una plataforma móvil que se mueve horizontalmente a través del sistema de encerado. Las telas son colocadas sobre la mesa para que sean enceradas. Se puede controlar la velocidad y dirección del movimiento para proporcionar un encerado adecuado.

Estas alternativas han sido evaluadas mediante los criterios ingenieriles que se detallan enseguida.

- *Costo*: Se refiere a la evaluación del gasto de implementación, adquisición y operación de la alternativa.
- *Facilidad de implementación*: Evalúa la facilidad de instalación y puesta en marcha de la alternativa.
- *Precisión y consistencia*: Analiza la capacidad de la alternativa de mantener un flujo constante y uniforme de tela, evitando desviaciones durante el proceso de encerado.
- *Facilidad de mantenimiento y reparación*: Estima la facilidad con la que el sistema puede ser mantenido y reparado en caso de fallos o averías teniendo en cuenta el acceso a sus componentes y la complejidad de los procedimientos de reparación.
- *Adaptabilidad a otros subsistemas*: Considera que tan factible es el funcionamiento de la alternativa en conjunto con el resto de los subsistemas de la máquina de encerado.

- *Compatibilidad con diferentes tamaños de tela:* Examina la capacidad de la alternativa de funcionar con los diferentes tamaños de tela que pueden ser encerados.
- *Consumo energético:* Explora la cantidad de energía que puede ser consumida por la alternativa durante su funcionamiento.
- *Velocidad de alimentación:* Evalúa la velocidad, y si esta puede ser controlada, con la que las telas pueden ser alimentadas por medio de cada una de las alternativas.
- *Seguridad Operativa:* Considera la seguridad del operador durante el funcionamiento del mecanismo de alimentación de tela.

A continuación, se presenta la matriz de selección de alternativas con los resultados para el mecanismo de alimentación de tela.

Subsistema 3: Mecanismo de alimentación de tela									
Criterios Ingenieriles	Peso [%]	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3		Alt. 4	
		Valor	Peso	Pond.	Peso	Pond.	Peso	Pond.	Peso
Costo	15	4	0.6	3	0.45	2	0.3	3	0.45
Facilidad de implementación	15	3	0.45	4	0.6	3	0.45	4	0.6
Precisión y consistencia	15	5	0.75	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Facilidad de mantenimiento y reparación	5	4	0.2	4	0.2	3	0.15	4	0.2
Adaptabilidad a otros subsistemas	10	5	0.5	3	0.3	3	0.3	4	0.4
Compatibilidad con diferentes tamaños de tela	10	5	0.5	2	0.2	4	0.4	3	0.3
Consumo Energético	10	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Velocidad de Alimentación	5	4	0.2	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Seguridad Operativa	15	4	0.6	4	0.6	4	0.6	5	0.75
TOTAL	100		4.1		3.25		3.1		3.45

Tabla 5. Matriz de selección de alternativas de diseño del Mecanismo de Alimentación de Tela.

Finalmente, el sistema de transporte por rodillos se ha elegido como la alternativa óptima para ser implementada en la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas.

iv. Sistema de Calentamiento



Ilustración 5. Resistencias Eléctricas (Recuperado de resistencias TOPE)

Ante la facilidad de implementación se ha seleccionado como la mejor alternativa de diseño a un sistema de resistencias eléctricas que estarían dispuestas estratégicamente en el reservorio y el mecanismo de alimentación y aplicación de cera, con el fin de mantener la temperatura adecuada de la cera para que esta permanezca en estado líquido manteniendo un flujo continuo y controlado todo el tiempo para evitar obstrucciones.

Las resistencias eléctricas deberán estar sincronizadas a sensores de temperatura para poder mantener la cera en un estado fluido durante su trayecto desde el reservorio, pasando por una serie de tuberías o conductos, hacia el mecanismo de aplicación de cera.

v. Sistema de Control

Los criterios ingenieriles que se utilizan para la evaluación de las opciones son las siguientes:

- *Costo*: es la evaluación de los gastos que se realiza para la construcción del sistema.
- *Facilidad de control para el usuario*: Se refiere a como los usuarios puedan utilizar el sistema y que sea amigable y cómodo para el fácil entendimiento y manejo.
- *Compatibilidad con actuadores y sensores*: es como el sistema de control a utilizar pueda funcionar utilizando diferentes actuadores y sensores, sin que estos generen algún tipo de dificultad al momento de que todo el sistema funcione en conjunto.
- *Robustez*: Es la capacidad de un sistema de responder adecuadamente a las necesidades del usuario final y su facilidad de implementación y de dar soluciones, así como la capacidad de resistir de buena manera a las posibles adversidades que se pudieran presentar.

Las opciones para evaluar son las siguientes:

1) PLC con interfaz gráfica



Ilustración 6. PLC (Recuperado de Comestech)

El control lógico programable (PLC) es el equipo que ayuda a automatizar el proceso de encendido. Esto ayuda que las maquinas del sistema completo desarrollen sus actividades de manera correcta. Con el interfaz gráfico, ayuda a que sea más amigable la comunicación con el usuario, beneficiándolo y haciendo que sea más sencillo el proceso. También, ayuda a dar señales dentro del proceso, que dan resultados de la programación la cual puede llegar a ser reconfigurada.

2) **Arduino con interfaz gráfica**



Ilustración 7. Arduino (Recuperado de Arduino).

El Arduino con interfaz gráfica ayuda de manera correcta a que todos los procesos del sistema funcionen de manera conjunta, y de igual manera que con el PLC el interfaz ayuda que todo el sistema se vuelva más compatible y amigable la comunicación con el usuario y mejorando el proceso, por otro lado, el Arduino está conectado con todos los subsistemas haciéndolos trabajar en conjunto.

3) **Variador de Frecuencia.**



Ilustración 8. Variador de Frecuencia.

A continuación, se presenta la matriz de selección de alternativas.

Criterios Ingenieriles	Peso [%]	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3	
		Valor	Peso	Pond.	Peso	Pond.	Peso
Costo	20	1	0.2	5	1	3	0.6
Facilidad de control por el usuario	30	4	1.2	2	0.6	4	1.2
Compatibilidad con sensores y actuadores	15	3	0.45	3	0.45	4	0.6
Robustez	35	4	1.4	3	1.05	4	1.4
TOTAL	100		3.25		3.1		3.8

Tabla 6. Matriz de selección de alternativas para el sistema de control.

Finalmente, se ha seleccionado al variador de frecuencia como la alternativa más robusta para el proyecto.

vi. Estructura de Apoyo

La estructura de apoyo es toda la estructura metálica que se utiliza para que se apoye el sistema completo de encerado, toda la estructura debe soportar el peso de todos los componentes y de las telas que se usan, también debe ser de fácil movilidad y comodidad para el cliente.

vii. Resumen de la Selección de Alternativas

Luego de haber hecho las selecciones más adecuadas para cada uno de los subsistemas, a continuación, se presentan las elecciones tomadas:

- *Mecanismo de alimentación y aplicación de cera:* Alimentación de cera por rodillos y uniformización por rodillos.
- *Reservorio de tela:* Reservorio cilíndrico con calentamiento inferior.
- *Mecanismo de alimentación de tela:* Alimentación de tela por medio de rodillos.
- *Sistema de calentamiento:* Resistencias eléctricas.
- *Sistema de control:* Variador de Frecuencia.
- *Sistema de enfriamiento:* Ventiladores.
- *Estructura de apoyo:* Estructura metálica para cada uno de los componentes.

D. Gestión del proyecto

Con el fin de llevar una correcta planificación para la implementación de este sistema, se ha tomado la decisión de considerar periodos por semanas para tener avances considerables y medibles a lo largo de la realización de la máquina de encerado de telas.

Dado que pueden existir algunas variaciones en las semanas finales, se ha considerado la holgura necesaria para cada actividad en caso de presentarse inconvenientes.

A continuación, se detallan las definiciones de cada una de las actividades y posteriormente se muestra el diagrama de Gantt en donde se detalla la planificación de cada actividad.

i. Parámetros teóricos y planificación:

En esta categoría se ha definido el problema del proyecto, los requerimientos técnicos, el estado del arte, los desafíos contemporáneos, la introducción, los estándares técnicos a cumplir, las alternativas de diseño y la planificación de cálculos, simulaciones y construcción.

ii. Cálculos térmicos

- Cálculo de resistencias: Este punto abarca todos los cálculos que tengan que ver con la selección de la potencia de las resistencias necesarias para el calentamiento de la cera de abeja según sus propiedades térmicas inherentes.
- Cálculo de tuberías: Se refiere a los cálculos de fluidos para mantener temperaturas y un buen flujo del fluido viscoso a través de las tuberías.
- Cálculo de bombeo: Realización de los cálculos para la selección de una bomba o electroválvula según sea la necesidad para el bombeo del fluido.

iii. Cálculos estáticos y dinámicos:

- Cálculos de velocidades: Es el cálculo necesario para conocer como debe ser el giro preciso de los rodillos para que la velocidad sea la adecuada para no doblar la tela, y que a su vez la cera sea dosificada de sin excesos ni faltas.
- Cálculos a fatiga: Cálculo de los rodamientos y los ejes para evitar daños en el sistema de transporte.
- Cálculo estructural: Cálculo para el diseño de la estructura para que aguante las cargas y los movimientos del sistema.

iv. Compra de materiales

- Adquisición de rodillos: Deben ser específicos para este uso.
- Adquisición de aspersores: Deben ser aspersores de fluidos semidensos.

- Adquisición de tuberías y resistencias: Deben cumplir los requerimientos obtenidos en los cálculos térmicos.
- Adquisición de PLC, sensores, motores y ventiladores: Todos los dispositivos necesarios para el control automático del sistema deben ser conseguidos de manera adecuada.
- Adquisición de metal para la estructura: Según los cálculos de estructuras deben cumplir con las dimensiones y espesores adecuados.

v. *Construcción y ensamble de los subsistemas*

- Mecanismo de alimentación y aplicación de cera.
- Reservorio de cera.
- Mecanismo de alimentación de cera.
- Sistema de calentamiento.
- Sistema de control.
- Sistema de enfriamiento.
- Estructura de apoyo.

vi. *Pruebas de funcionamiento*

Se realizarán pruebas de temperaturas, flujo, velocidades y finalmente encerado para verificar el funcionamiento de todos los sistemas.

vii. *Presentaciones y Portafolio*

- Presentación del proyecto en la feria de ingenierías.
- Preparación de manual de uso.

- Preparación de manual de mantenimiento.
- Completar carpeta para defensa del proyecto.

E. Estándares ingenieriles

Los estándares detallados a continuación fueron analizados para la realización de este proyecto y han facilitado la comprensión de los textiles.

- ASTM D7017-20 Standard Performance Specification for Water-Resistant Rainwear and All-Purpose, Water-Repellent Coat Fabrics: Esta normativa es útil para la determinación de la impermeabilidad de las telas.
- ASTM D5034-21 Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test): Este método de ensayo es útil para la determinación de la fuerza a la que resiste la tracción una tela.
- ASTM D123-23 Standard Terminology Relating to Textiles: En base a este estándar se puede conocer la terminología relacionada con los textiles.
- AATCC 79 Método de prueba para la absorbencia de textiles: Este es un método de ensayo útil para conocer la capacidad de absorbencia de las telas que se van a encerar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Selección de Materiales y Componentes

Debido a que la máquina va a ser utilizada en la industria alimentaria, todos los componentes que estén en contacto con las telas y la cera (rodillos, reservorio y bandeja de salida) deberán ser de acero inoxidable para asegurar su inocuidad, a excepción de las tuberías, que por costos y facilidad de construcción se ha optado por utilizar tuberías de cobre.

En cuanto a la estructura y demás componentes, que no están en contacto directo con las telas, se optó por utilizar tubos y planchas de acero estructural.

Cada uno de los componentes de la máquina de encerado automático de telas será seleccionado en base al diseño, sin embargo, los componentes clave de la máquina son:

- *Rodillo tipo A:* Este tipo de rodillo es el que se utilizará tanto en el eje motriz como en el eje impulsado y constará con cambios de sección para ser apoyado sobre chumaceras. Además, en uno de sus extremos tendrá un largo mayor para que se puedan montar sobre ellos las poleas de la transmisión.
- *Rodillo tipo B:* Este tipo de rodillo está pensado para ser parte del sistema de uniformización de cera, por lo que solo será capaz de rotar sobre su propio eje por medio de rodamientos colocados en sus extremos e internamente de un tubo.
- *Poleas y banda de transmisión:* El movimiento de la tela estará dado por medio de un motor conectado al eje motriz por medio de una banda, el movimiento será transmitido al eje impulsado por medio de otra banda, la relación de diámetros y velocidades de las poleas utilizadas en cada uno de los ejes será determinado posteriormente.
- *Estructura de apoyo:* La estructura de apoyo estará implementada en tubos cuadrados de 2 pulgadas, y será capaz de soportar todo el peso de la máquina y resistir las vibraciones del movimiento del motor.
- *Reservorio:* El reservorio deberá estar apoyado sobre una caja de resistencias eléctricas que ayudarán a mantener caliente la cera, y a su vez, será capaz de mantener una cantidad de cera adecuada para que el sistema funcione eficientemente.
- *Tuberías:* Las tuberías estarán dispuestas desde un Manifold a la salida del reservorio, hasta una tubería de dispensación de cera colocada sobre el sistema de

alimentación de tela, para que las telas sean enceradas por goteo adecuadamente. Además. Las tuberías estarán apoyadas frontalmente sobre la caja de resistencias para mantenerlas calientes y que la cera pueda fluir en estado líquido sin inconvenientes.

- *Caja de resistencias eléctricas:* Este componente estará conformado por una serie de resistencias eléctricas que estarán encargadas de mantener el sistema de encerado a una temperatura adecuada para que la cera fluya sin problemas y que no se sufran cambios bruscos de temperatura durante el encerado de la tela.

B. Diseño para Manufactura

A continuación, se detalla el plan de manufactura para cada una de las piezas de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas, y posteriormente, se detalla el plan de ensamble de cada una de las piezas para conformar el sistema en su totalidad.



Ilustración 9. Simbología utilizada en los diagramas de flujo del plan de manufactura.

- **Operación por realizar:** se refiere a cualquier proceso que sea necesario en cada punto de control.
- **Acción de inspección:** Son las acciones de control para verificar la calidad del proceso realizado
- **Tiempo de demora:** Posibles demoras en el proceso
- **Acción de Transporte:** Movimientos o transporte de materia prima o las distintas piezas formadas
- **Entrega de documentos:** Entregas de documentaciones de procesos para realizar fabricaciones, peticiones o procesos a realizar.

- **Rechazo de materiales:** Piezas no conformes a la calidad requerida en la inspección.
- **Toma de decisión:** Discretización de las posibles acciones a realizar o decisiones a tomar.
- **Almacenaje materia prima:** Zona de almacenamiento de materia prima
- **Almacenar semiterminado:** Zona de almacenamiento de piezas pre-terminadas a las que les falten procesos por culminar.
- **Almacenaje P. terminados:** Zona de almacenamiento de las piezas que ya hayan culminado todo el proceso de fabricación o ensamblaje.
- **Acción de preparación:** Proceso previo a la fabricación que prepara al componente para el desarrollo de esta.
- **Acción combinada:**
- **Origen del proceso:** Punto de inicio del proceso de manufactura.
- **Punto final del proceso:** Culminación del proceso de manufactura.

i. Fabricación del Reservorio

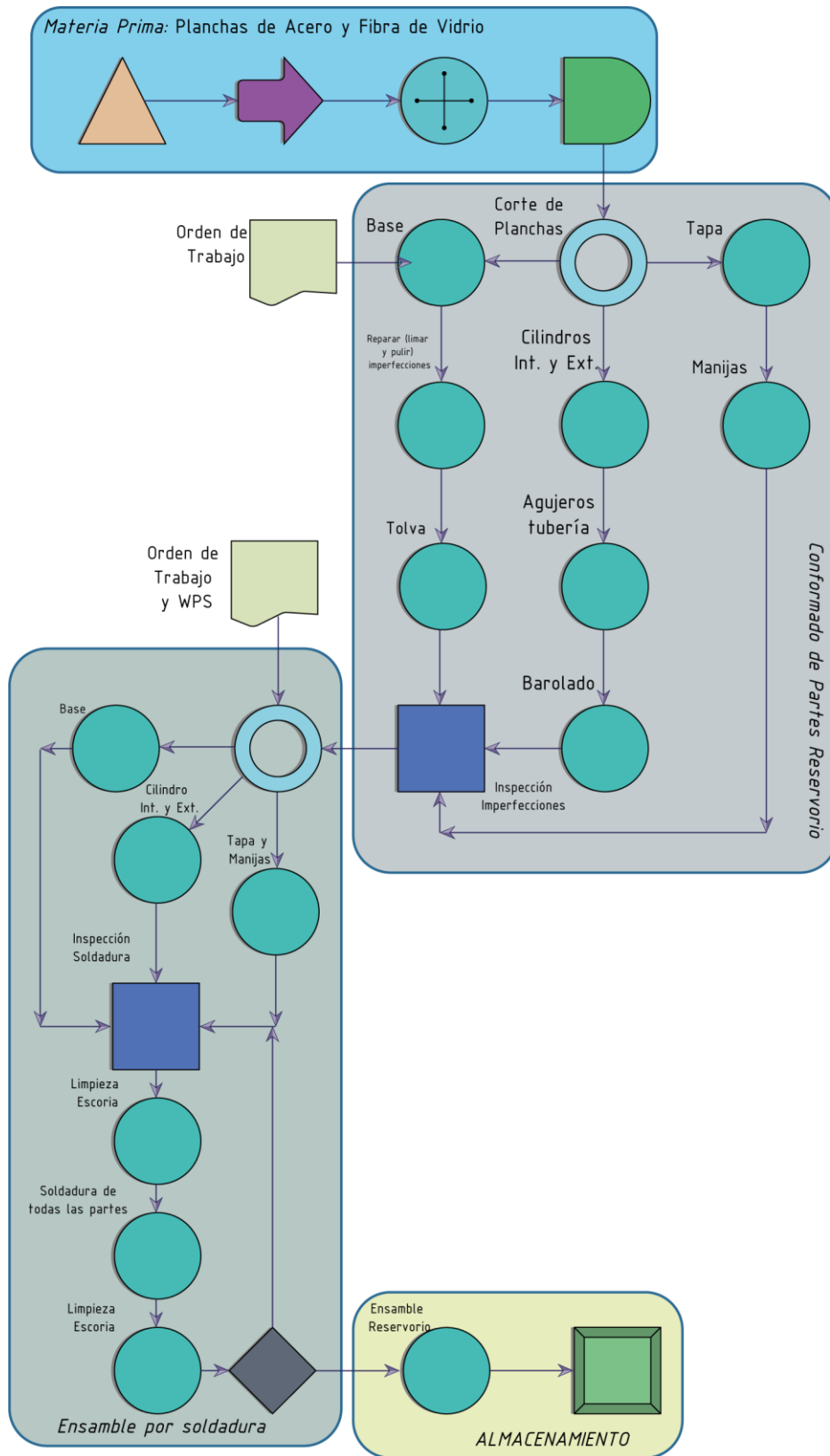


Ilustración 10. Diagrama de flujo de la fabricación del reservorio.

Es necesario hacer la compra de la materia prima (planchas de acero inoxidable, fibra de vidrio) para posteriormente prepararla para ser enviada a Universidad San Francisco de Quito, esto tiene un tiempo de demora de aproximadamente tres días.

Se necesita realizar cortes en la plancha a las medidas previamente establecida para posteriormente fabricar cada parte del reservorio.

Tapa: Para adecuar la tapa del reservorio a un uso habitual se necesita el uso de manijas, las cuales darán un fácil acceso a la persona para la manipulación, para esto se necesitará una soldadura entre la tapa y las manijas. Después se inspeccionará la calidad completa del componente.

Cilindros interno y externo: Ambos cilindros se fabricarán con planchas de acero inoxidable a las que se les hará un agujero en su zona inferior para colocar una tubería de acero inoxidable para realizar el flujo de cera. Posteriormente se realizará un proceso de barolado que doblará las planchas para darles forma de cilindro. Después se inspeccionará el acabado de las superficies para decidir si esta correctamente realizado el proceso.

Base: Esta base necesitará una tolva, para lo cual se necesitará preparar las superficies para que estén listas para poder realizar la geometría cóncava necesaria para esta zona.

Procesos de soldadura: Los componentes previamente preparados mediante una orden de trabajo WPS para soldaduras se realizarán el proceso de soldado de todos los componentes del reservorio, luego se los someterá a un proceso de inspección, limpieza de escorias y relleno de zonas de soldadura faltante. Posteriormente se realizarán soldaduras de armado y montaje de todas las partes del reservorio para completar su fabricación, y se rellenará el espacio entre los dos cilindros con un aislante térmico, en este caso fibra de vidrio.

ii. *Fabricación de Rodillos de la Transmisión (Motriz e Impulsado)*

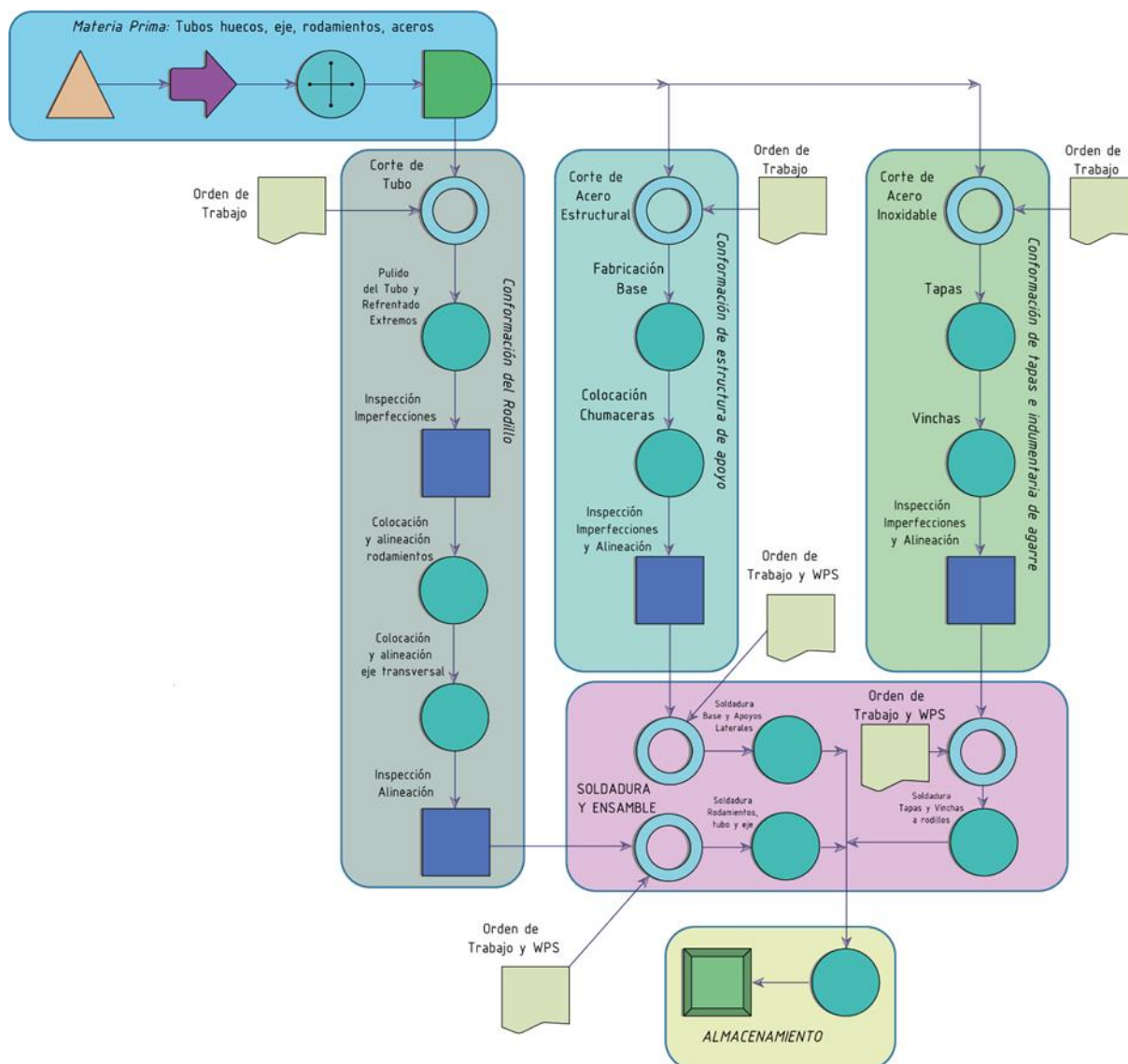


Ilustración 11. Diagrama de flujo de la fabricación de los rodillos de transmisión

(Motriz e Impulsado)

Los rodillos de transmisión son los que estarán sujetos a la potencia de giro del motor.

Para el montaje se necesitan tubos de acero, ejes, rodamientos y planchas de acero, se comprarán y luego se entregarán en la universidad San Francisco de Quito para lo cual se estima una demora de un día.

Corte de tubo: Se realizará una orden de trabajo con la cual se deberá cortar los tubos a las dimensiones requeridas. Se necesita una rectificación de los extremos para que, posterior a una inspección, se puedan utilizar. El rodillo de la tela necesita una preparación de vinchas para la sujeción de esta.

Colocación de rodamientos: Se realizará la colocación de los rodamientos en el eje, junto con su inspección de alineación de estos.

Preparación de extremos: Los extremos de estos ejes son placas de acero estructural que serán soldadas mediante una orden WPS a los extremos de los tubos huecos para colocar los rodamientos necesarios.

Preparación de ejes: Para el montaje final de los ejes es necesario colocar y acomodar los rodamientos a los extremos, alinearlos y realizar la soldadura de los componentes que la requieren mediante una orden WPS.

iii. Fabricación del Rodillo Loco

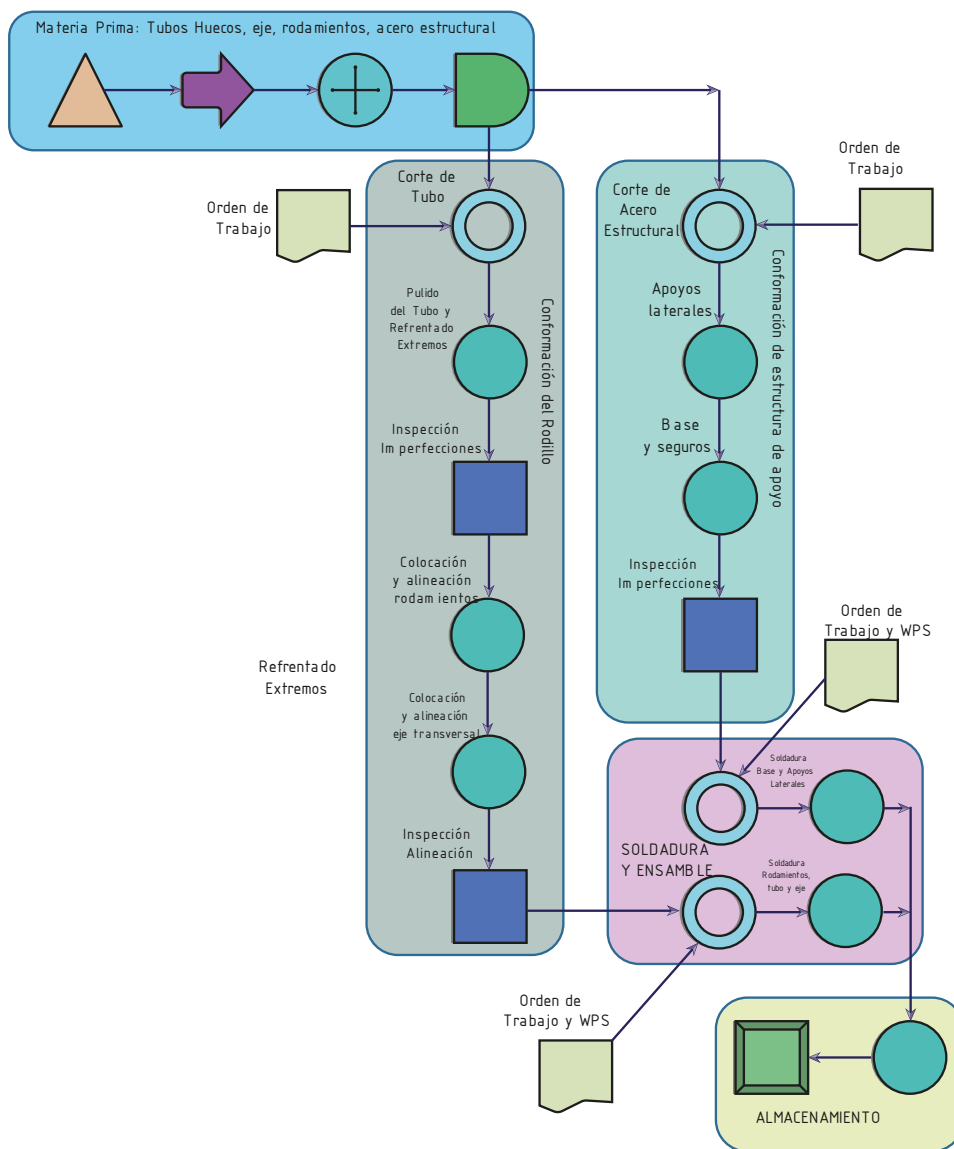


Ilustración 12. Diagrama de flujo de la fabricación del rodillo loco.

La preparación de este es similar a los rodillos de transmisión, pero necesitará una estructura propia y un eje que le ayudará a girar por la inercia del contacto del rodillo móvil con la tela.

iv. Fabricación de las Tuberías

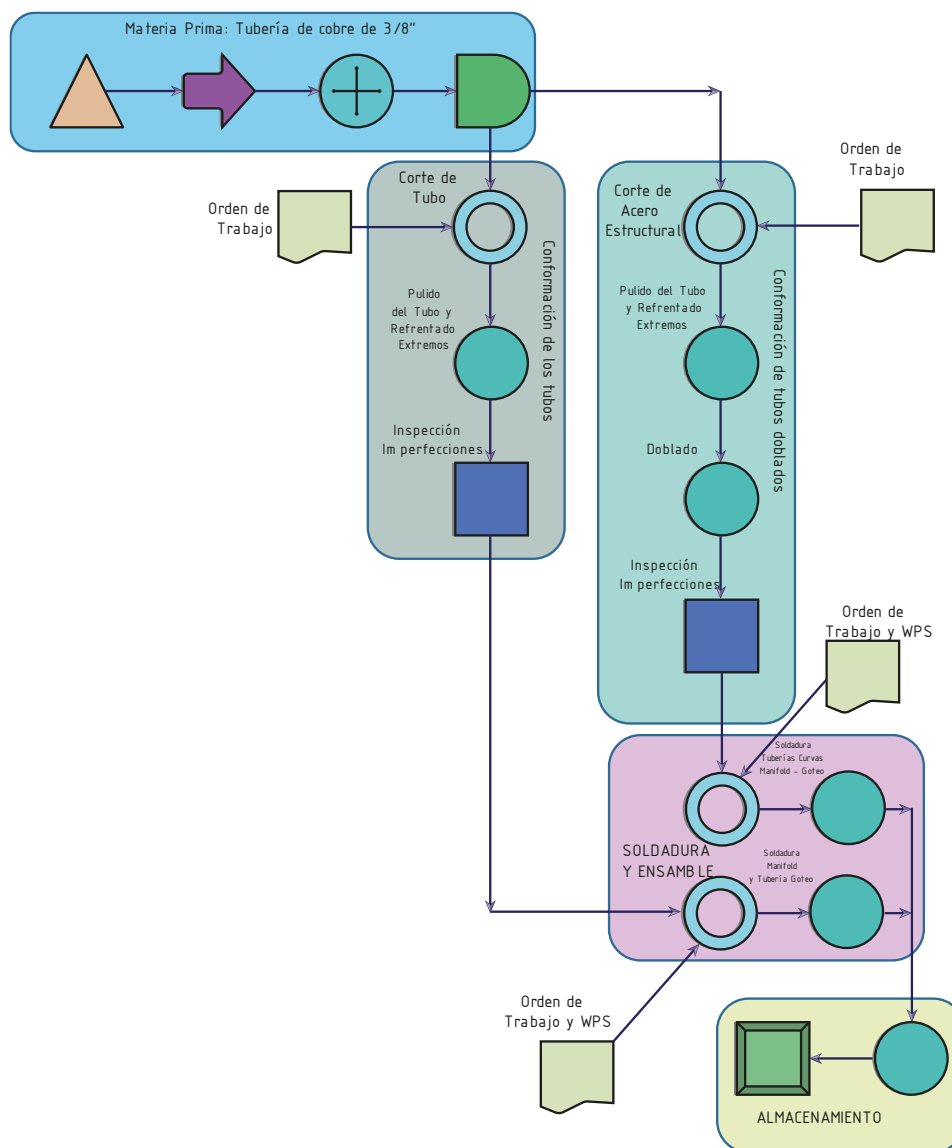


Ilustración 13. Diagrama de flujo de la fabricación de las tuberías.

La fabricación de las tuberías parte de la consecución de la materia prima, que en este caso es el cobre. Primero se realizan los cortes necesarios para cada una de las tuberías en cuestión y por medio de accesorios, como codos o tes, se hacen las uniones necesarias para fabricar tanto el manifold como la tubería de distribución. Posteriormente, se dobla las

tuberías para las cuales es necesario darles una curvatura, las cuales son las conexiones desde el manifold al tubo de distribución. Luego, todas las uniones fueron soldadas con estaño y limpiadas y pulidas para que queden en buen estado y sin rebabas. Finalmente, se perforó la tubería de goteo para que tenga los agujeros adecuados y cada cierta distancia.

v. *Fabricación de la Caja Térmica*

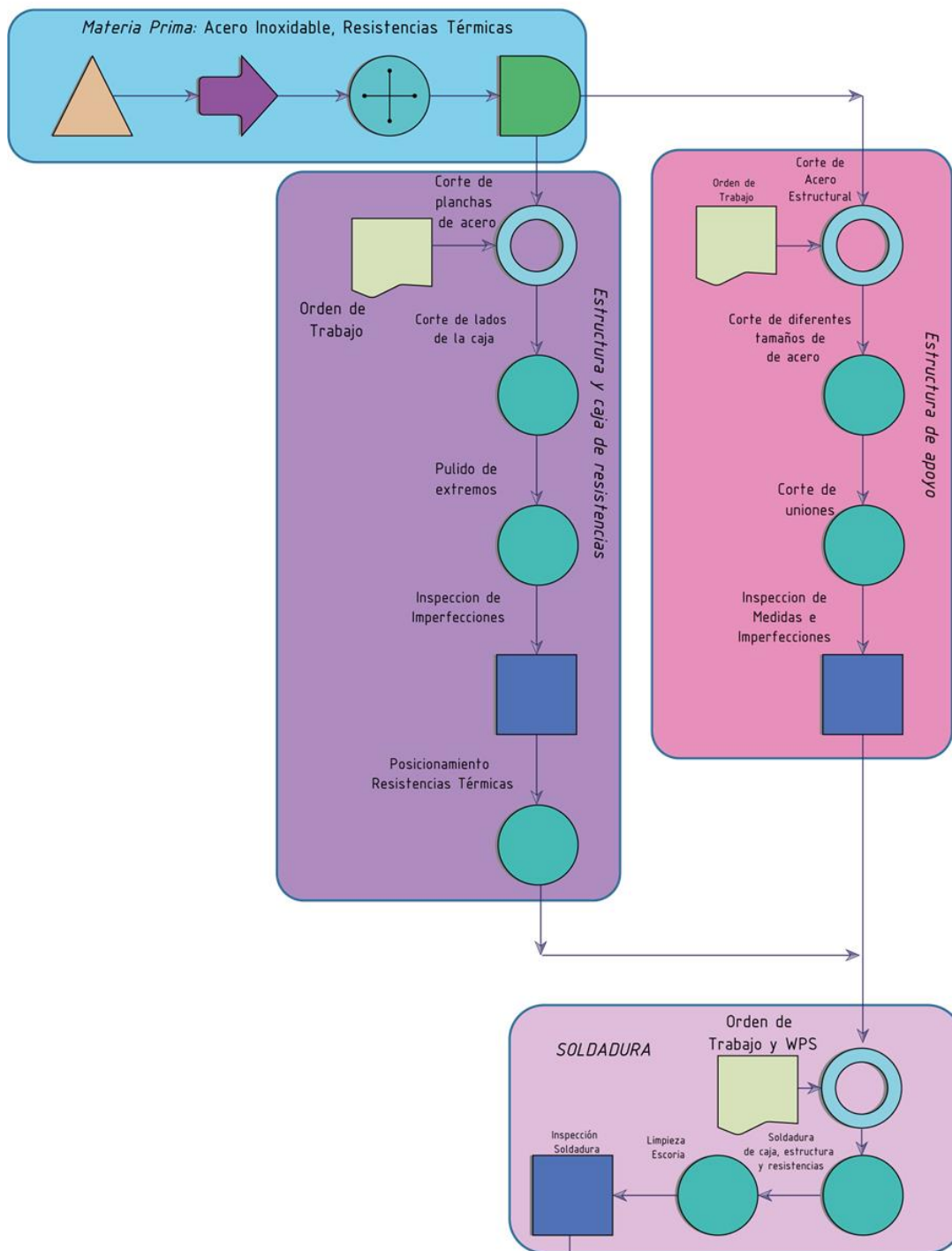


Ilustración 14. Diagrama de flujo de la fabricación de la caja térmica.

La caja térmica está conformada por su estructura de apoyo, la caja de resistencias térmicas, y las resistencias eléctricas como tal.

Caja de Resistencias Térmicas: El proceso de fabricación comienza con la obtención del acero inoxidable como materia prima, posteriormente, se hace el corte y doblado de la plancha para conformar la caja. Se ubican soportes con pletinas para su sujeción a la estructura de apoyo y se colocan tapas empernadas en los extremos. Las resistencias eléctricas son sujetadas mediante agujeros y vinchas que permiten su sujeción y soporte.

Estructura de apoyo: La estructura de apoyo está fabricada de acero estructural en tubos cuadrados de 2 pulgadas. Se cortan los diferentes tamaños de tubo y se suelda para ensamblar.

vi. Ensamble de la Máquina

Finalmente, la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas es ensamblada. Se parte de todos los componentes previamente fabricados y almacenados, y uno a uno, son ensamblados mediante las juntas dispuestas para cada una de las secciones. Una vez ensamblada la máquina, se puede hacer la instalación del sistema de control y de todo el cableado necesario para el mismo.

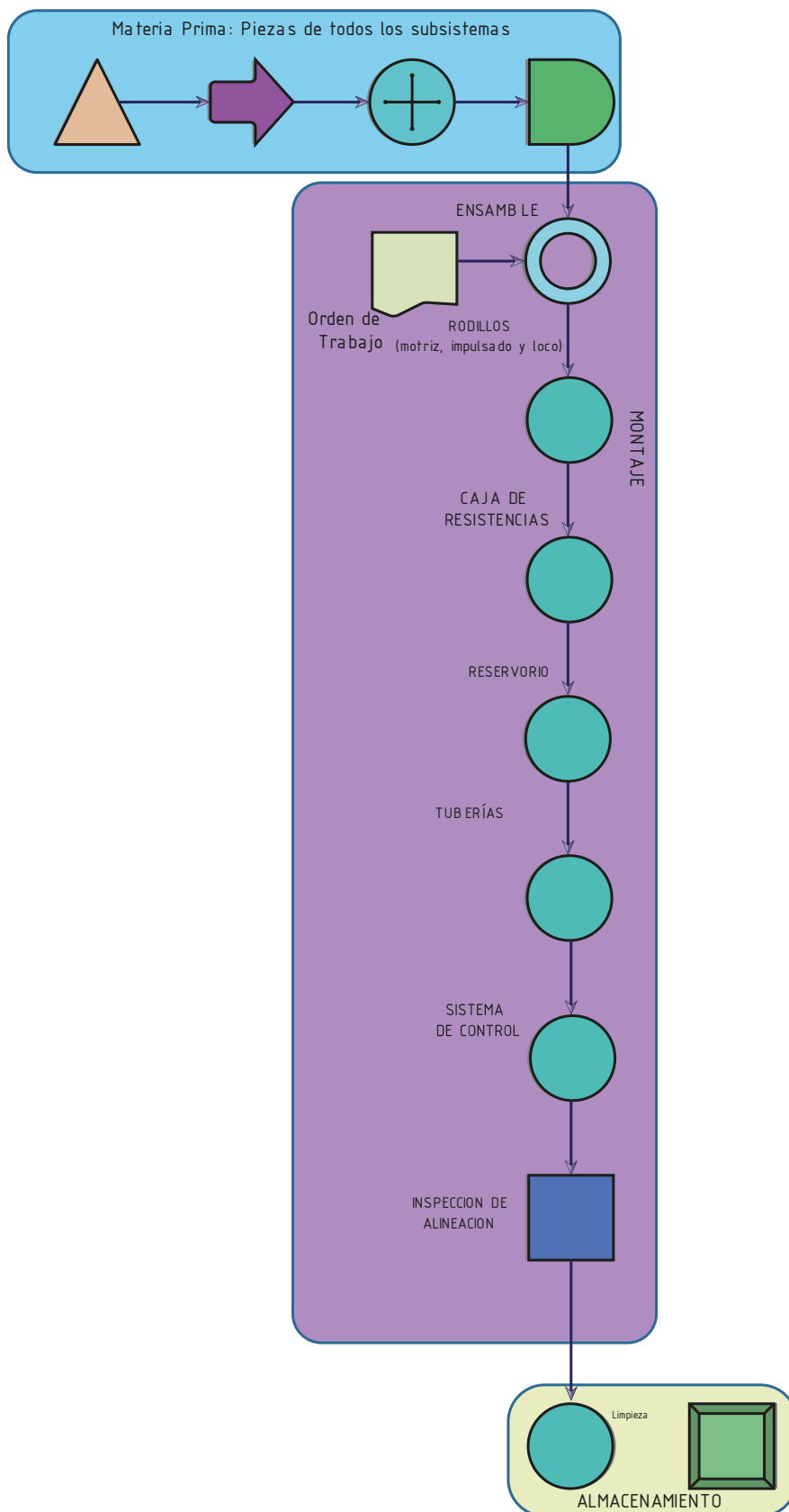


Ilustración 15. Diagrama de flujo del ensamble de la máquina

3. DISCUSIÓN

A. Análisis Ingenieril.

i. Análisis Volumétrico y de Velocidades de la Cera.

Con el fin de determinar la velocidad a la que la tela debe moverse dentro del sistema de encerado es necesario realizar un análisis volumétrico para determinar cuánta cera es necesaria para encerar un metro de tela a cierta velocidad, y a su vez determinar cuáles son los factores que intervienen en este proceso. Para ello, primero se analizó el caso en que la cera es aplicada sobre la tela horizontalmente desde el dispensador. En el siguiente esquema se muestra este caso.

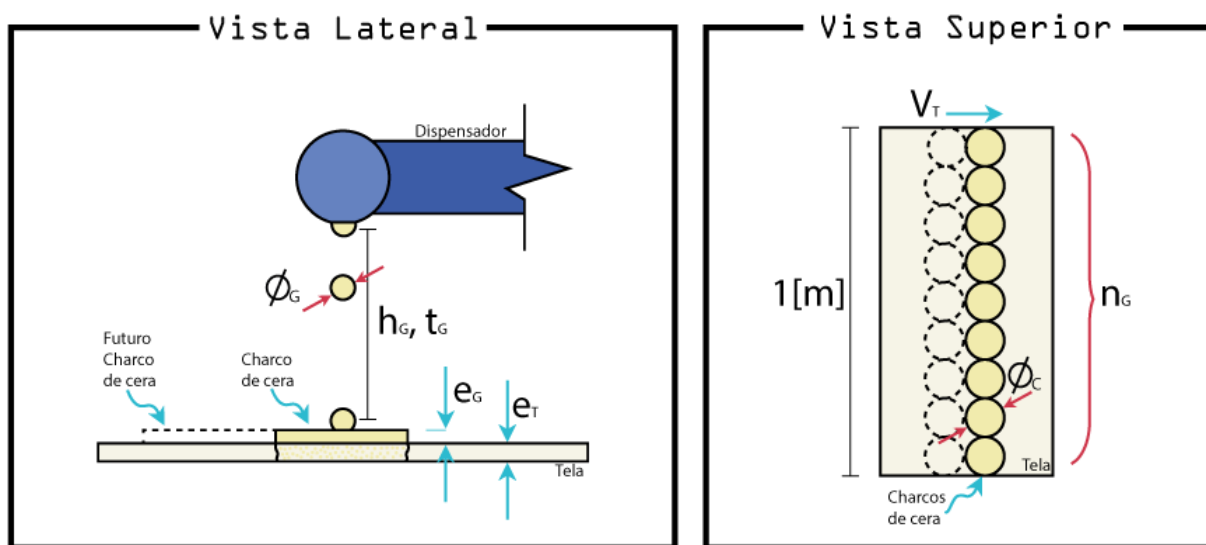


Ilustración 16. Esquema de aplicación de la cera por goteo.

Suposiciones:

- La tela se mueve a velocidad constante.
- Se asume que las gotas son perfectamente esféricas y que cuando caen sobre la tela forman un charco completamente circular.
- La cera ocupa los espacios vacíos que existen entre los hilos de la tela.

- Se considera nula la resistencia al movimiento que ejerce el aire durante la caída de las gotas de cera.

Variables:

h_G : *Altura de goteo*

ϕ_G : *Diámetro de la gota de cera*

ϕ_C : *Diámetro del charco de cera*

t_G : *Tiempo entre cada gota de cera*

n_G : *Número de gotas de cera necesarias en 1m de tela*

V_T : *Velocidad de avance de la tela*

e_C : *Espesor de cera*

e_T : *Espesor de tela*

Análisis:

Primero, se sabe que el volumen de la gota de cera que cae desde el dispensador debe ser igual al volumen del charco que se forma sobre la tela, para ello se analiza un trozo de tela de la siguiente manera.

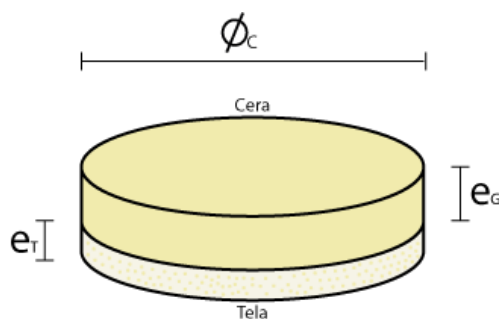


Ilustración 17. Esquema del charco de cera sobre la tela.

Se sabe que la fracción de volumen que ocupa la tela de una celda representativa de tela está dada por un factor $\mathcal{V}_f = 0.3$ (Chiriboga Arroyo, 2013). Se asume este valor tomando en cuenta que las propiedades mecánicas del textil incrementan conforme se amplie la fracción de volumen de 0.1 a 0.4 (Kamble & Behera, 2020). Por lo tanto, se escoge dicho valor para mantener un rango aceptable de propiedades mecánicas.

Como el volumen de la gota de cera se conserva, será equivalente al volumen del charco de cera, sin embargo, el volumen del charco se analiza teniendo en cuenta de la fracción de volumen de la tela anteriormente mencionada como sigue:

$$\mathcal{V}_G = \mathcal{V}_C$$

$$\frac{4}{3}\pi\left(\frac{\phi_G}{2}\right)^3 = (1 - \mathcal{V}_f)\left(\frac{\pi}{4}\phi_C^2\right)(e_C + e_T)$$

Teniendo en cuenta que en base a la experimentación se determinaron los valores para el espesor de la tela, el espesor del charco, el diámetro del charco y la fracción de volumen, se puede despejar el diámetro de la gota de cera de tal manera que:

$$\phi_G = \sqrt[3]{\frac{3}{2}\phi_C^2(1 - \mathcal{V}_f)(e_C + e_T)}$$

Reemplazando los valores para cada una de las variables se tiene que:

$$\phi_G = \sqrt[3]{\frac{3}{2}(10)^2(1 - 0.3)(0.02 + 0.18)}$$

$$\boxed{\phi_G = 2.76 [mm]}$$

De esta manera, se puede tener una clara idea del diámetro necesario que deben tener los agujeros en el dispensador para poder producir una gota de 2.76 [mm] de diámetro. Por esta razón para asegurar todo el tiempo dicho tamaño de gota se propone que los agujeros del

dispensador tengan un diámetro de 3 [mm], tamaño que es posible constructivamente y que no excede por mucho al tamaño de la gota.

Ahora, se analiza el número de gotas necesario n_G que caben en 1 metro de tela mediante la siguiente expresión:

$$n_G = \frac{1000}{\phi_C}$$

$$n_G = \frac{1000}{10}$$

$$\boxed{n_G = 100}$$

De esta manera, es necesario que en el dispensador existan 100 agujeros de 3 [mm] de diámetro, debidamente espaciados a una distancia igual al diámetro del charco (10 [mm]), para asegurar que la tela quede encerada con 100 charcos de cera sobre su superficie.

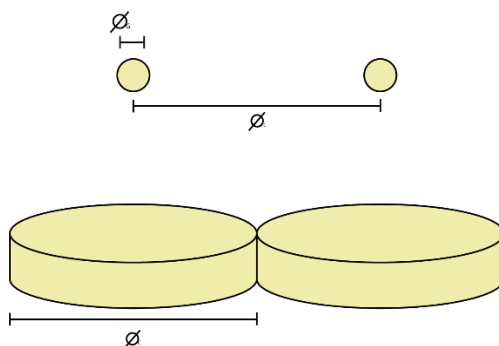


Ilustración 18. Esquema de espaciamiento entre gota y gota.

Posteriormente, se busca determinar el tiempo de caída entre gota y gota con el fin de determinar el caudal necesario. Para ello, con el fin de que el encerado se realice se propone que el dispensador esté ubicado a una altura de 15 [cm] sobre la tela, por lo que el tiempo de caída de una gota es:

$$h_G = \frac{1}{2}gt_G^2$$

$$t_G = \sqrt{\frac{2h_G}{g}}$$

$$t_G = \sqrt{\frac{2(150)}{9810}}$$

$$t_G = 0.17 \text{ [s]}$$

ii. Análisis de Velocidades de la Tela.

Para determinar la velocidad de la tela se considera que la misma se mueve a velocidad constante, pero se debe analizar la configuración real de la tela y el dispensador para poder encontrar una expresión adecuada. En el esquema descrito a continuación se observa la configuración real del sistema.

Al estar inclinada la tela, se asume que la cera escurre sobre la tela deformando el charco de tela con una distancia de desfase d_D . Tras realizar un experimento de goteo de cera sobre la tela inclinada se pudo determinar la distancia de desfase de la cera fue de aproximadamente un 13% del diámetro del charco.

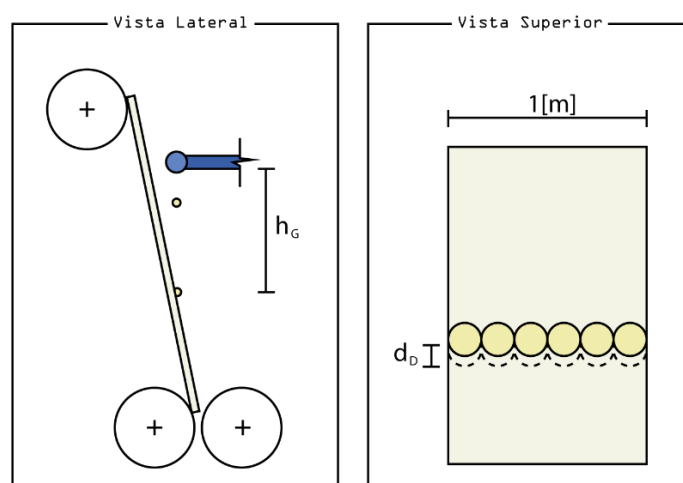


Ilustración 19. Esquema de la configuración real del sistema de encerado.

Teniendo lo anterior en cuenta se tiene que la velocidad de la tela sigue la siguiente expresión:

$$V_T = \frac{(\phi_C + d_D)}{t_G}$$

$$d_D = 0.13\phi_C$$

$$V_T = \frac{1.13\phi_C}{t_G}$$

$$V_T = \frac{1.13(10)}{0.17}$$

$$\boxed{V_T = 64.62 \left[\frac{mm}{s} \right]}$$

iii. Caudal de Goteo.

Para determinar el caudal de cera que debe fluir por las tuberías primero se debe determinar el área de por la que va a fluir la cera, teniendo en cuenta el número de agujeros, el área es:

$$A_{agujeros} = \frac{\pi}{4} n_G \phi_C^2$$

$$A_{agujeros} = \frac{\pi}{4} (100)(3)^2$$

$$\boxed{A_{agujeros} = 706.86 [mm^2]}$$

Luego, es necesario determinar a qué velocidad debe fluir la cera para que el encerado sea efectivo, dicha velocidad es equivalente a la velocidad final con la que una gota de cera

cae sobre la tela desde el dispensador. Por lo que conociendo que la velocidad inicial en el momento que la gota se desprende del dispensador es nula, se tiene que:

$$V_G = gt_g$$

$$V_G = 9810(0.17)$$

$$\boxed{V_G = 1715.52 \left[\frac{mm}{s} \right]}$$

Finalmente, el caudal de goteo será:

$$Q_G = A_{agujeros} \cdot V_G$$

$$Q_G = 706.86(1715.52)$$

$$Q_G = 1212627.80 \left[\frac{mm^3}{s} \right]$$

$$\boxed{Q_G = 1.213 \times 10^{-3} \left[\frac{m^3}{s} \right]}$$

iv. Diámetro y disposición de las tuberías.

Con la finalidad de que las tuberías siempre funcionen bajo la condición de “tubo lleno” se propone que las tuberías deben ser de acero inoxidable 304 y deben tener un diámetro nominal de $\phi_{tubería} = 3/8 [pulg]$ ($\approx 9.53 [mm]$), el cual es el tamaño comercial mas pequeño. Por otro lado, también se propone que el espesor de la tubería sea de $e_{tubería} = 2 [mm]$ para que el acero resista las presiones internas sin problema, aunque al funcionar por gravedad, los esfuerzos que sufrirá el material serán mínimos.

Por otro lado, el dispensador estará dispuesto por 10 tuberías conectadas independientemente a la salida del reservorio de cera, para con eso asegurar que en todos los agujeros llegue la cera con la presión suficiente para que el encerado sea efectivo. Las tuberías estarán dispuestas una a lado de la otra para cubrir el tamaño de tela de 1 metro.

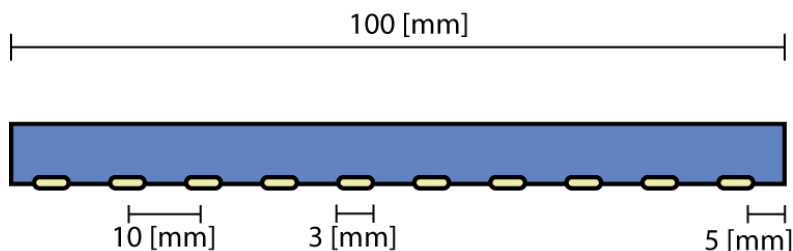


Ilustración 20. Disposición de agujeros en una de las diez tuberías horizontales del dispensador.

v. Análisis de Velocidades en los Rodillos y Poleas.

Primero, se propone que los rodillos que se van a utilizar sean tubos de acero inoxidable 304, de un diámetro nominal de $\phi_R = 2$ [pulg] (≈ 50.8 [mm]), con un espesor de $e_R = 3$ [mm]. Posteriormente, el análisis de velocidades se realizará teniendo en cuenta la siguiente disposición que se muestra en la siguiente figura.

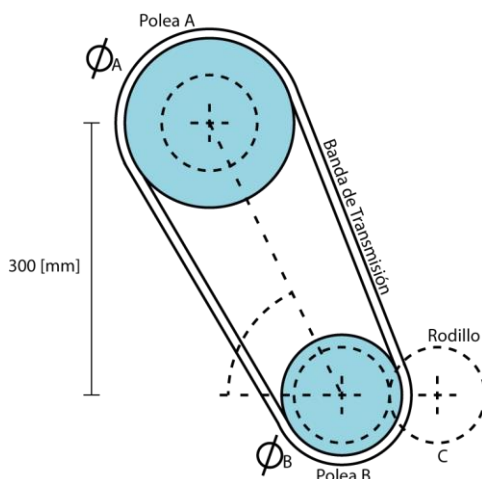


Ilustración 21. Esquema de funcionamiento de los rodillos unidos por una banda en las poleas A y B.

Se conoce que la velocidad de la banda es igual tanto en los rodillos A y B, y es igual a la velocidad de la tela, por lo tanto:

$$V_A = V_B$$

Dado que se busca que la tela no sea desenrollada muy rápido (rodillo A), se buscará que el movimiento sea transmitido desde la polea B por medio de un motor, además se espera que la velocidad angular en dicho punto sea mayor por lo que se tiene como consecuencia lo siguiente:

$$\omega_B > \omega_A$$

$$\phi_A > \phi_B$$

Se pretende que en la zona de uniformización de la cera se ejerza el torque del motor para que la tela pueda ganar algo de tensión mientras la cera es repartida por toda su área superficial.

Con las aclaraciones anteriores se tiene que:

$$V_A = V_B$$

Luego, en vista de que se busca que la tela se desenrolle lentamente, por lo que la relación entre las velocidades angulares deberá ser al menos la siguiente.

$$\omega_A = \frac{1}{3} \omega_B$$

Con ello se tiene que la velocidad del eje impulsado será:

$$\omega_B = 3\omega_A$$

vi. Cálculo de la Inercia y el Torque que debe superar el motor.

Para determinar el torque que debe superar el motor, primero se debe determinar la inercia que tiene el sistema cuando un rollo de tela está cargado sobre el rodillo A y el peso del rodillo B, respecto del eje de centros A-B.

Por medio del teorema de los ejes paralelos, y teniendo en cuenta que el rollo de tela tendrá alrededor de 12 [cm] de radio externo y un peso de alrededor de 8 [kg], se calcula la inercia total del sistema en el punto B mostrado en la ilustración que sigue.

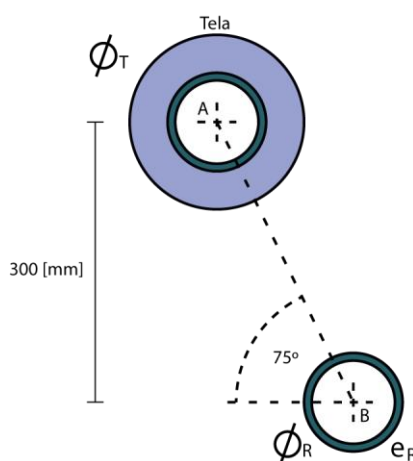


Ilustración 22. Esquema de cargas en los rodillos.

$$I_{Total} = I_A + I_B$$

$$I_{Total} = I_T + M_T d_{AB}^2 + I_{R_A} + M_{R_A} d_{AB}^2 + I_{R_B}$$

$$I_{Total} = I_T + M_T d_{AB}^2 + I_{R_A} + M_{R_A} d_{AB}^2 + I_{R_B}$$

$$I_{Total} = \frac{1}{2} M_T \left(\frac{\phi_{R,ext}^2}{4} + \frac{\phi_T^2}{4} \right) + M_T d_{AB}^2 + 2 \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{\phi_{R,int}^2}{4} + \frac{\phi_{R,ext}^2}{4} \right) + M_{R_A} d_{AB}^2$$

$$I_{Total} = \frac{1}{2} (8) \left(\frac{53.8^2}{4} + \frac{120^2}{4} \right) + 8(80.38^2) + \left(\frac{50.8^2}{4} + \frac{53.8^2}{4} \right) + 3.54(80.38^2)$$

$$I_{Total} = 93222.508 [kg. mm^2]$$

$$\boxed{I_{Total} = 0.0932 [kg. m^2]}$$

Ahora, para determinar el torque que debe superar el motor cuando el sistema arranque, es necesario evaluar la aceleración angular a la que el motor debe funcionar para llegar a la velocidad de la tela en el eje motriz.

Conociendo que el eje motriz tendrá un diámetro exterior de $\phi_{R,ext} = 53.8 [mm]$, la velocidad angular del rodillo estará dada por:

$$\omega_R = \frac{2V_T}{\phi_{R,ext}}$$

$$\omega_R = \frac{2(64.62)}{53.8}$$

$$\boxed{\omega_R = 2.40 \left[\frac{rad}{s} \right]}$$

$$\boxed{\omega_R = 137.64 [RPM]}$$

De este modo, se propone que el eje motriz alcance dicha velocidad angular, partiendo desde el reposo, en al menos $t_R = 5 [s]$, por lo que la aceleración angular que deberá tener es:

$$\omega_R = \alpha t_R$$

$$\alpha = \frac{\omega_R}{t_R}$$

$$\alpha = \frac{2.40}{5}$$

$$\alpha = 0.48 \left[\frac{rad}{s^2} \right]$$

Finalmente, el torque que debe superar el motor está dado por:

$$T = I_{Total}\alpha$$

$$T = 0.0932(0.48)$$

$$T = 0.0447 [Nm]$$

vii. Selección de la Potencia del Motor.

Para determinar la potencia del motor, se debe calcular cual será la potencia necesaria que debe ejercer sobre el sistema y luego elegir un motor con una potencia nominal que sea la inmediatamente superior a la requerida.

La potencia necesaria es:

$$P = T\omega_R$$

$$P = 0.0447(2.40)$$

$$P = 0.10728 [W]$$

Dado que la potencia requerida es muy baja, se seleccionará un motor eléctrico trifásico de 0.5 [kW] de potencia nominal y se controlará su velocidad por medio de un

variador de frecuencia. El motor seleccionado para esta aplicación, es un motor Bauknecht, del cual, a continuación, se muestra la placa de especificaciones del mismo.

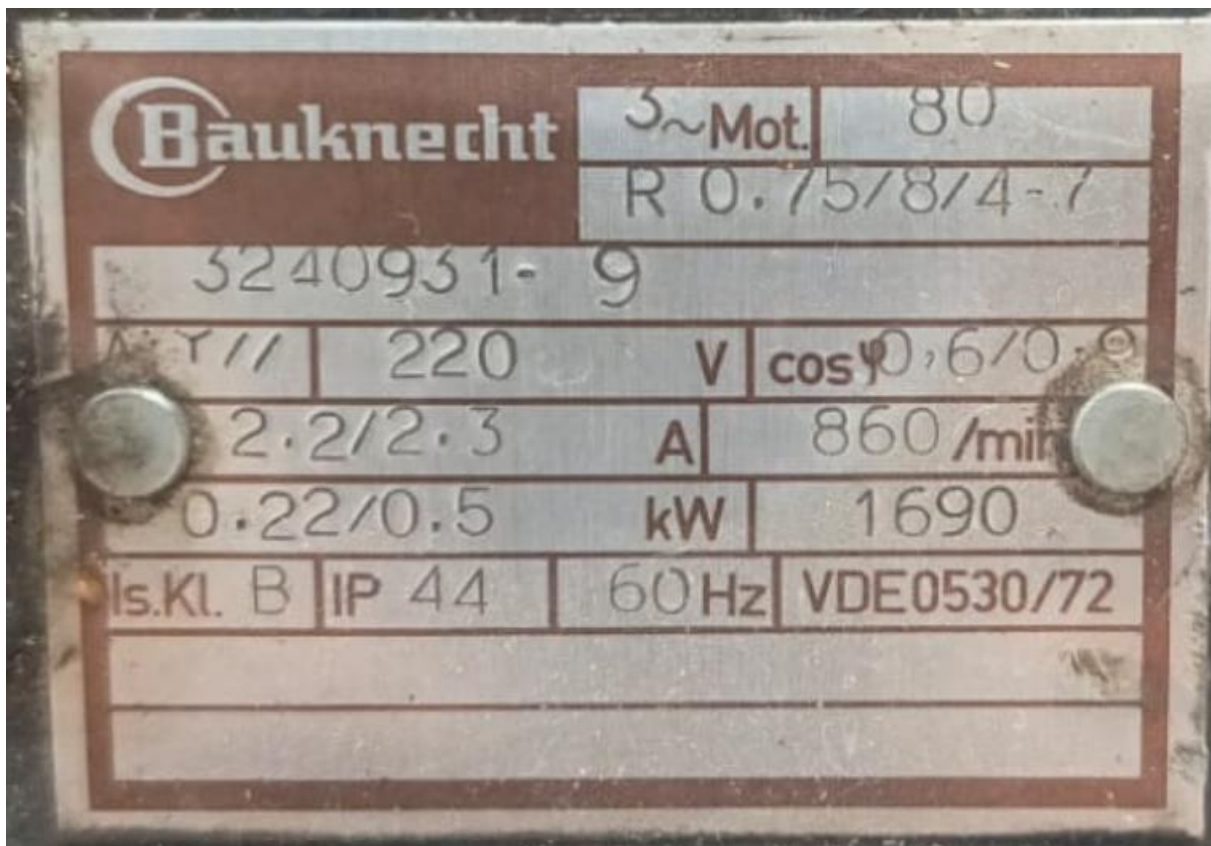


Ilustración 23. Placa de especificaciones del motor.

viii. Selección de las Poleas de Transmisión y de la Banda.

Para la selección de la transmisión de bandas en “V” se sigue el siguiente proceso obtenido de la guía del catálogo de la marca Martin, en el apartado Selección de Transmisión de Poleas en Existencia (Martin).

Primero, se ha definido que la potencia del motor es de 0.5 [HP], se conoce que el eje motriz gira a una velocidad angular de 137.64 [RPM], el eje impulsado girará a una velocidad angular de 412.92 [RPM], la distancia entre centros de los ejes será de $d_{AB} =$

80.38 [mm] (3.16 [pulg]), el diámetro de los ejes de las dos unidades será de 53.8 [mm], finalmente, se prevé que la máquina estará trabajando menos de 6 horas al día.

Se selecciona como factor de servicio a $f_s = 1.0$, por lo que la potencia de diseño está dada por:

$$P_{diseño} = P_{u. motriz} \times f_s$$

$$P_{diseño} = 0.5(1)$$

$$P_{diseño} = 0.5 [HP]$$

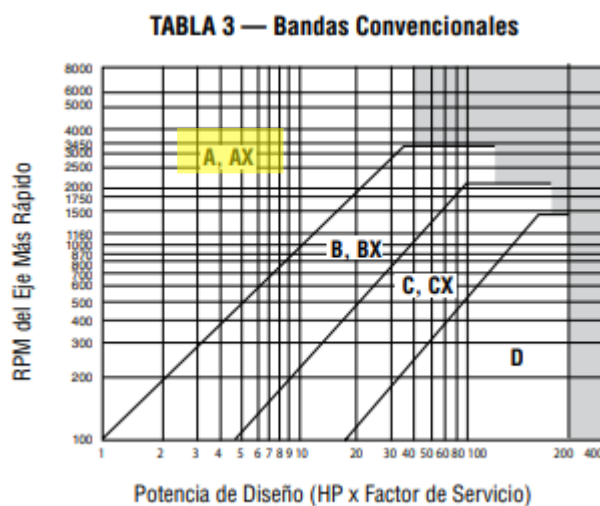


Ilustración 24. Tabla de selección para bandas convencionales.

De esta manera, de la tabla de bandas convencionales se elige la banda AX (Banda V Dentada). Luego en base a la información de la siguiente tabla se revisa el diámetro mínimo de la polea motriz.

Potencia del Motor	RPM del Motor					
	575	695	870	1160	1750	3450
0.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
0.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Ilustración 25. Diámetro mínimo recomendado para la polea del motor eléctrico.

Así, el diámetro mínimo de la polea del eje motriz será de 2.5 [pulg].

Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Impulsadas y HP por Banda									Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
			3500 RPM Motriz			1750 RPM Motriz			1150 RPM Motriz			Designación de Largo de Banda A/AX						
	Motriz D.P.	Impuls. D.P.	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	Impuls. RPM	HP por Banda A	HP por Banda AX	26	31	35	38	42	46	51
1.23	5.2	6.4	2844	8.87	10.11	1422	5.83	6.28	942	4.24	4.51	—	—	9.0	10.5	12.5	14.5	17.0
1.23	6.2	7.6	2855	10.90	12.45	1428	7.44	7.94	946	5.42	5.71	—	—	—	8.8	10.8	12.8	15.3
1.24	3.4	4.2	2833	4.10	5.02	1417	2.72	3.12	939	2.01	2.27	7.7	10.2	12.2	13.7	15.7	17.7	20.2
1.24	4.2	5.2	2827	6.39	7.42	1413	4.14	4.56	937	3.02	3.29	6.2	8.8	10.8	12.3	14.3	16.3	18.8
1.24	5.0	6.2	2823	8.42	9.61	1411	5.51	5.95	935	4.00	4.27	—	—	7.3	9.3	10.8	12.8	14.8
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.74	0.78	0.82	0.84	0.87	0.89	0.92
1.24	6.6	8.2	2817	11.58	13.28	1409	8.07	8.58	934	5.89	6.18	—	—	—	10.0	12.0	14.5	17.0
1.25	3.2	4.0	2800	3.50	4.39	1400	2.36	2.76	928	1.76	2.02	8.0	10.5	12.5	14.0	16.0	18.0	20.5
1.25	4.0	5.0	2800	5.86	6.85	1400	3.80	4.21	928	2.78	3.04	6.6	9.1	11.1	12.6	14.6	16.6	19.1
1.25	4.8	6.0	2800	7.95	9.10	1400	5.18	5.61	928	3.76	4.03	—	—	7.6	9.6	11.2	13.2	15.2
1.25	5.6	7.0	2800	9.77	11.12	1400	6.50	6.97	928	4.72	5.00	—	—	8.2	9.7	11.7	13.7	16.2
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.74	0.78	0.82	0.84	0.87	0.89	0.92
1.26	3.8	4.8	2771	5.30	6.27	1385	3.45	3.86	918	2.53	2.79	6.9	9.4	11.4	12.9	14.9	16.9	19.4
1.26	4.6	5.8	2776	7.47	8.57	1388	4.84	5.27	920	3.52	3.79	—	—	8.0	10.0	11.5	13.5	15.5
1.27	3.0	3.8	2763	2.90	3.77	1382	2.00	2.40	916	1.51	1.77	8.3	10.8	12.8	14.3	16.3	18.3	20.8
1.27	4.4	5.6	2750	6.96	8.02	1375	4.51	4.93	911	3.28	3.55	—	—	8.3	10.3	11.8	13.8	15.8
1.27	5.2	6.6	2758	8.92	10.16	1379	5.86	6.31	914	4.26	4.53	—	—	—	8.9	10.4	12.4	14.4
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.73	0.78	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92
1.27	6.0	7.6	2763	10.58	12.06	1382	7.15	7.63	916	5.20	5.49	—	—	—	8.9	10.9	12.9	15.4
1.28	3.6	4.6	2739	4.74	5.68	1370	3.10	3.51	908	2.29	2.55	7.2	9.7	11.7	13.2	15.2	17.2	19.7
1.28	5.0	6.4	2734	8.47	9.66	1367	5.53	5.97	906	4.02	4.29	—	—	9.2	10.7	12.7	14.7	17.2
1.28	6.4	8.2	2732	11.30	12.92	1366	7.79	8.28	905	5.67	5.96	—	—	—	—	10.1	12.1	14.7
1.29	3.4	4.4	2705	4.16	5.07	1352	2.75	3.15	896	2.03	2.29	7.5	10.0	12.0	13.5	15.5	17.5	20.0
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.73	0.78	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92
1.29	4.2	5.4	2722	6.45	7.47	1361	4.17	4.59	902	3.04	3.31	—	—	8.6	10.6	12.1	14.1	16.1
1.29	4.8	6.2	2710	8.00	9.14	1355	5.20	5.63	898	3.78	4.05	—	—	7.5	9.5	11.0	13.0	15.0
1.29	7.0	9.0	2722	12.21	14.08	1361	8.70	9.23	902	6.36	6.66	—	—	—	—	11.0	13.5	16.0
1.30	4.0	5.2	2692	5.91	6.90	1346	3.82	4.24	892	2.60	3.06	6.4	8.9	10.9	12.4	14.4	16.4	18.9
1.30	4.6	6.0	2683	7.51	8.61	1342	4.87	5.29	889	3.54	3.80	—	—	7.8	9.8	11.3	13.3	15.3
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.73	0.78	0.81	0.83	0.86	0.89	0.92
1.30	5.4	7.0	2700	9.40	10.69	1350	6.20	6.66	895	4.51	4.78	—	—	8.4	9.9	11.9	13.9	16.4
1.31	3.2	4.2	2667	3.57	4.45	1333	2.39	2.79	884	1.78	2.04	7.8	10.3	12.3	13.8	15.8	17.8	20.3
1.31	5.8	7.6	2671	10.24	11.64	1336	6.86	7.33	885	4.98	5.26	—	—	—	9.1	11.1	13.1	15.6
1.32	3.8	5.0	2660	5.37	6.32	1330	3.48	3.89	882	2.55	2.81	6.7	9.2	11.2	12.7	14.7	16.7	19.2
1.32	4.4	5.8	2655	7.01	8.07	1328	4.53	4.95	880	3.30	3.56	—	—	8.1	10.1	11.6	13.6	15.6
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO												0.73	0.78	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92
1.32	5.0	6.6	2652	8.51	9.69	1326	5.55	5.99	879	4.03	4.30	—	—	9.0	10.5	12.5	14.5	17.0
1.32	6.2	8.2	2646	11.00	12.54	1323	7.49	7.98	877	5.45	5.74	—	—	—	—	10.3	12.3	14.8
1.33	3.0	4.0	2625	2.96	3.82	1313	2.03	2.43	870	1.53	1.79	8.1	10.6	12.6	14.1	16.1	18.1	20.6
1.33	3.6	4.8	2625	4.79	5.72	1312	3.13	3.53	870	2.30	2.56	7.0	9.5	11.5	13.0	15.0	17.0	19.5
1.33	4.2	5.6	2625	6.49	7.51	1312	4.19	4.60	870	3.05	3.32	—	—	8.4	10.4	11.9	13.9	15.9

Ilustración 26. Tabla de selección de combinación de poleas y banda.

De esta manera con una relación de velocidades se ha elegido que la polea del eje motriz debe tener un diámetro de $\phi_m = 3.6$ [pulg] y la polea del eje impulsado debe tener un diámetro de $\phi_i = 4.8$ [pulg]. La distancia entre centros deberá ser de 7 [pulg]. La potencia por cada banda será de 2.56 [HP].

Finalmente, el número de bandas requeridas estará dada por:

$$\#_{bandas} = \frac{P_{diseño}}{P_{banda} \times f_c}$$

$$\#_{bandas} = \frac{0.5}{2.56(0.73)}$$

$$\#_{bandas} = 0.267$$

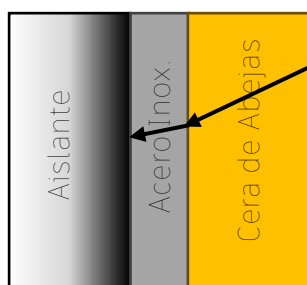
$$\#_{bandas} = 1$$

ix. Análisis de transferencia de calor en el reservorio

Para conocer los parámetros necesarios para mantener el reservorio de cera a la temperatura adecuada, es necesario saber qué tipo de resistencia se debe utilizar para el fin requerido, la dilución de la cera de abejas. Para ello se necesitan fijar algunas condiciones iniciales:

- Las láminas de acero tendrán un espesor de 3 mm.
- Esto es una cuestión de diseño ya que es más común el uso de este espesor de plancha para equipos industriales.
- Por otro lado, tiene un equilibrio entre transferencia de calor por su espesor, y resistencia ante el fallo, corrosión y deformaciones.
- El diámetro externo del reservorio de cera será de 40 cm, y el interno de 30 cm.
- Este diseño fue propuesto para colocar un aislante de espuma de poliuretano en medio de ambos cilindros y conservar el calor dentro de este, su espesor será de 5 cm
- El tamaño del tanque fue seleccionado por el volumen necesario para encerar 100 metros de tela. Tomando en cuenta que es necesario utilizar 24 kg de cera, los parámetros de este fluido y una altura del tanque razonable, de 30 cm.
- La capa entre las paredes del reservorio será aislada para la protección del usuario.
- Con esta propuesta de diseño se asegura la protección del usuario y a la vez pérdidas de temperatura en el cilindro.
- Con estas condiciones, el diagrama del reservorio es el siguiente:

Conducción por pérdidas de calor



Conducción para calentamiento

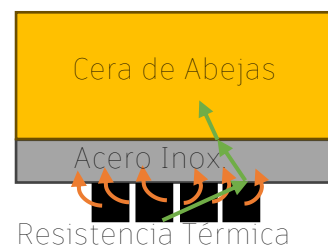


Ilustración 27. Esquema de transferencia de calor en el reservorio.

Resolución:

Primero es necesario conocer la cantidad de calor que necesita recibir la cera, para ello se usará la siguiente fórmula:

$$Q = mC_e\Delta T$$

Para lo cual se considera un cilindro de 32.8 cm de diámetro, un llenado de hasta 30 cm de alto para calcular el volumen de cera máximo que podría calentar el sistema:

$$V_{reservorio} = \pi r^2 h$$

$$V_{reservorio} = \pi \left(\frac{32.8}{2} \right)^2 (30) [cm^3]$$

$$V_{reservorio} = 25\,348.8828 \text{ cm}^3$$

Posteriormente se necesita conocer la densidad de la cera de abeja para poder transformar este volumen en peso:

$$\rho = 0.96 \frac{g}{cm^3}$$

$$m = \rho * V_{reservorio}$$

$$m = \left(0.96 \frac{g}{cm^3} \right) (25\,348.8828 \text{ cm}^3)$$

$$m = 24335 \text{ g}$$

$$m = 24.335 \text{ kg}$$

Y es necesario conocer algunas propiedades físicas de esta cera y del ambiente:

$$T_{fusion} = 63^{\circ}C = 336.15 K$$

$$T_{ambiente} = 24^{\circ}C = 297.15 K$$

$$C_e = 2090 \frac{J}{kg^{\circ}C}$$

Con estos datos se puede hacer el cálculo del calor necesario para derretir la cera:

$$Q = mC_e\Delta T$$

$$Q = (24.335 kg) \left(2090 \frac{J}{kg^{\circ}C} \right) (63 - 24)^{\circ}C$$

$$Q = 1983540 J$$

$$Q = 1983.54 kJ$$

Con este dato y el tiempo que se espera que se caliente se puede calcular la potencia que se necesita para calentar la cera:

$$t = 60 \frac{sec}{min} (5.5 min)$$

$$t = 330 s$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{1983.54 kJ}{330 s}$$

$$P = 6.011 kW$$

Por disponibilidad en el mercado, la resistencia se puede seleccionar de 6000 o 7000 W de potencia,

Con esta potencia y la ley de Ohm podemos calcular que tipo de resistencia se necesita:

$$P = VI$$

Tomando en cuenta la potencia antes calculada y un voltaje de 220V por su alta corriente, se calcula la corriente que pasa por la resistencia:

$$I = \frac{6000 \text{ W}}{220\text{V}}$$

$$\boxed{I = 27.37 \text{ A}}$$

Después de consultar con fabricantes de resistencias térmicas se llegó a la conclusión que una mejor opción de diseño es colocar 3 resistencias, una de 3000 W y dos de 1500 W. Una específicamente para el tanque de almacenamiento de cera, y las otras dos se las colocarán de forma diagonal para cumplir dos propósitos, el calentamiento del tanque y de la tela para no provocar un choque térmico y evitar que la cera se solidifique al contacto.

x. Sistema de control

Por la facilidad de control que proporciona el variador de frecuencia, se seleccionó uno capaz de controlar el motor trifásico en cuestión. Se tomó en cuenta que la potencia del variador sea mayor a la potencia nominal del motor, que en este caso se trata de un variador de 0.75 [kW], por otro lado, se procuró que el variador tenga la misma tensión de alimentación que el motor y que la red eléctrica, que en este caso es de 220V.

El variador de frecuencia es de marca KEWO, modelo AD100 – 2S0.75GB. Debido a su robustez, el circuito de control y el circuito de potencia pudieron ser realizados a través del variador. A continuación, se muestra el diagrama de conexiones realizado.

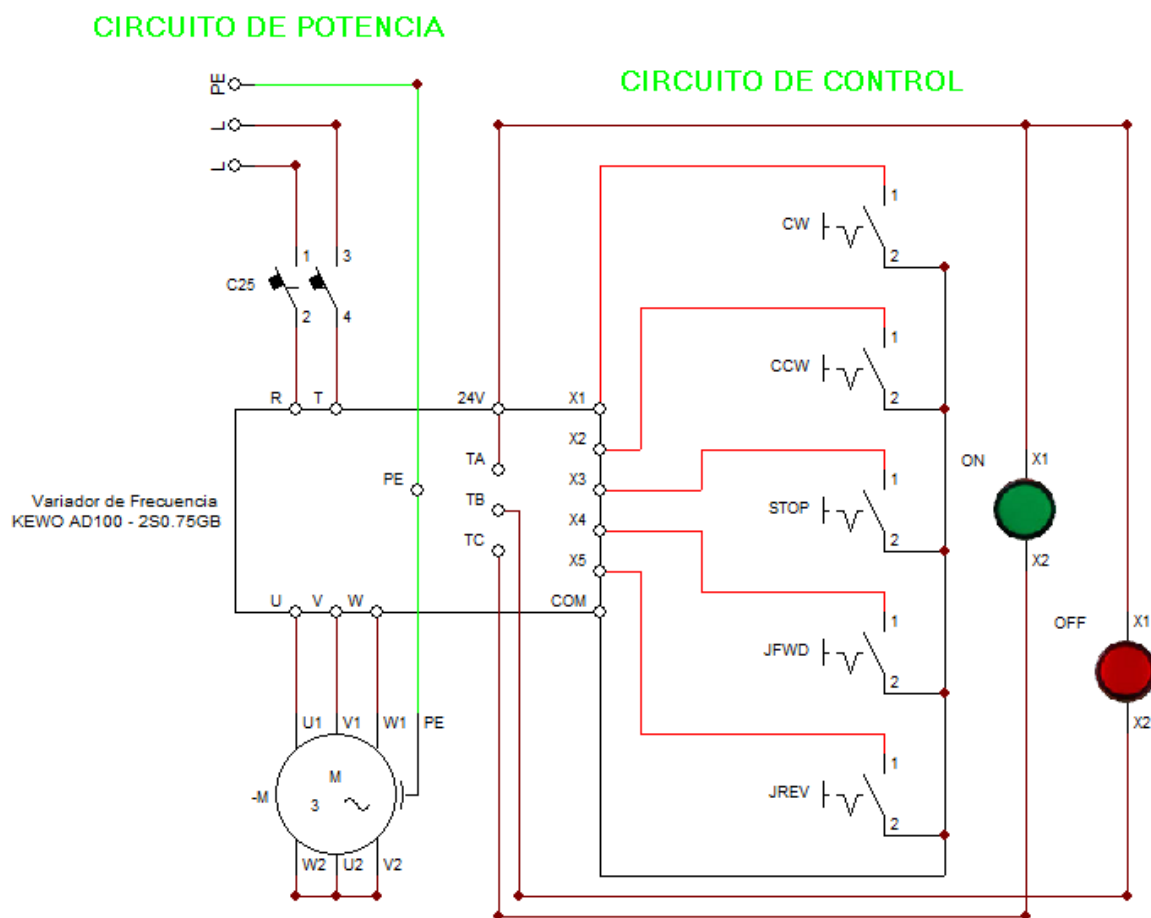
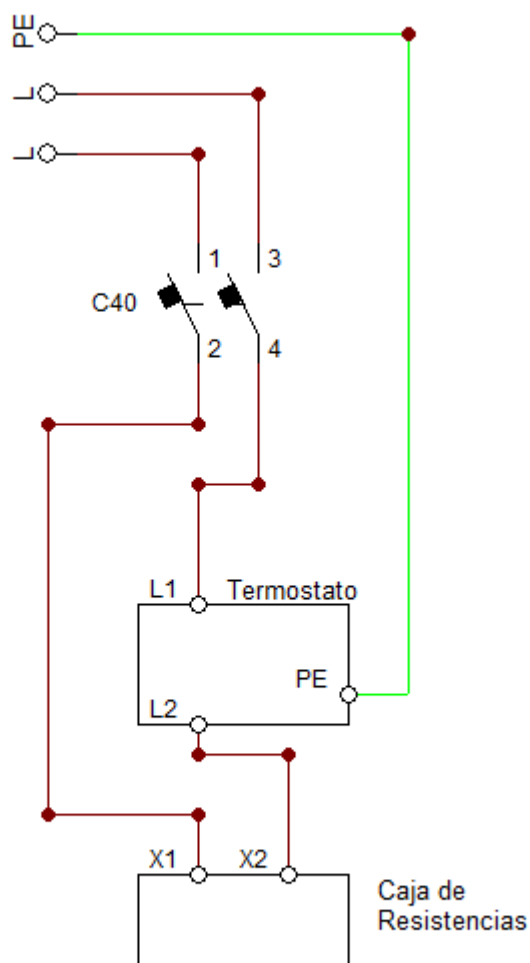


Ilustración 28. Diagrama de conexiones (Circuito de Potencia y Circuito de Control).

Además, se muestra el circuito de conexión de las resistencias eléctricas que permitirán calentar la cera de abejas. La temperatura será controlada por medio de un termostato.



CIRCUITO DE RESISTENCIAS

Ilustración 29. Circuito de conexiones del sistema térmico.

xi. Ensayos de tracción de las telas.

Para lograr una mejor comprensión de las telas a encerarse se realizaron ensayos de tracción en base a la norma ASTM D5034 (Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test)). Con fines cuantitativos, se ensayaron cuatro especímenes de tela sin encerar y cuatro especímenes de tela encerada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Resumen Ensayos de Tracción						
Tipo de Tela	#	e [mm]	L [mm]	F _{máx} [N]	e _{prom} [mm]	F _{prom} [N]
Sin Encerar	P1-SE	0.17	9.6	378	0.18125	398
	P2-SE	0.18	9.6	378		
	P3-SE	0.185	9.6	434		
	P4-SE	0.19	9.6	402		
Enceradas	P1-EN	0.205	9.6	275	0.2	291.5
	P2-EN	0.205	9.7	324		
	P3-EN	0.195	9.6	299		
	P4-EN	0.195	9.6	268		

Esesor tela sin encerar [mm]	0.18
Esesor tela encerada [mm]	0.20
Esesor de encerado [mm]	0.02

Tabla 7. Resultados de ensayos de tracción.

Las telas sin encerar resistieron en promedio una fuerza de 398 [N], mientras que las telas enceradas resistieron una fuerza menor de 291.5 [N], lo cual representa un 26.76 [%] de disminución de resistencia en cuanto a la fuerza de tracción que pueden soportar las telas.

Por otro lado, se pudo determinar que la capa de cera necesaria en las telas, luego de ser encerada y uniformizada, tiene un espesor de 0.0188 [mm], lo cual será considerado en futuros cálculos del proyecto.

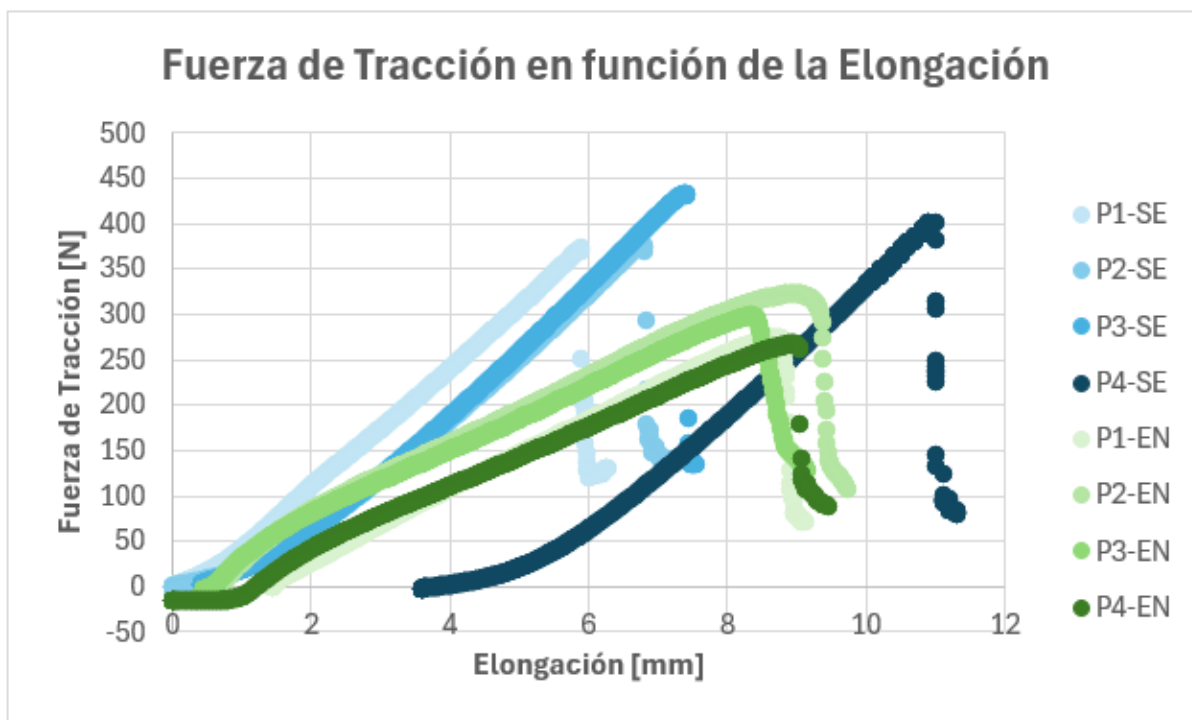


Ilustración 30. Diagrama de la fuerza de tracción en función de la elongación de la tela.

De la gráfica de fuerza en función de la elongación de las telas ensayadas se puede notar que las probetas sin encerar tienen una mayor rigidez al tener una pendiente más pronunciada, lo que se traduce a que su módulo de Young es mayor, por ende, su resistencia a la deformación elástica es mejor.

Por otro lado, las probetas sin encerar denotan una pendiente menor en comparación a las enceradas, lo cual sugiere que oponen una menor resistencia a la deformación y que son menos rígidas, lo cual puede ser favorable a la hora de utilizar las telas enceradas para almacenar alimentos, permitiéndoles tomar la forma de estos sin mucha oposición a la deformación.

xii. Diseño 3D del Sistema

A continuación, se muestran los diseños CAD realizados por medio de Autodesk Inventor, cada una de las piezas fue primero diseñada en dicho programa y posteriormente se procedió a la manufactura. Se muestran los diseños de cada una de las piezas y sistemas de la máquina en las siguientes ilustraciones.

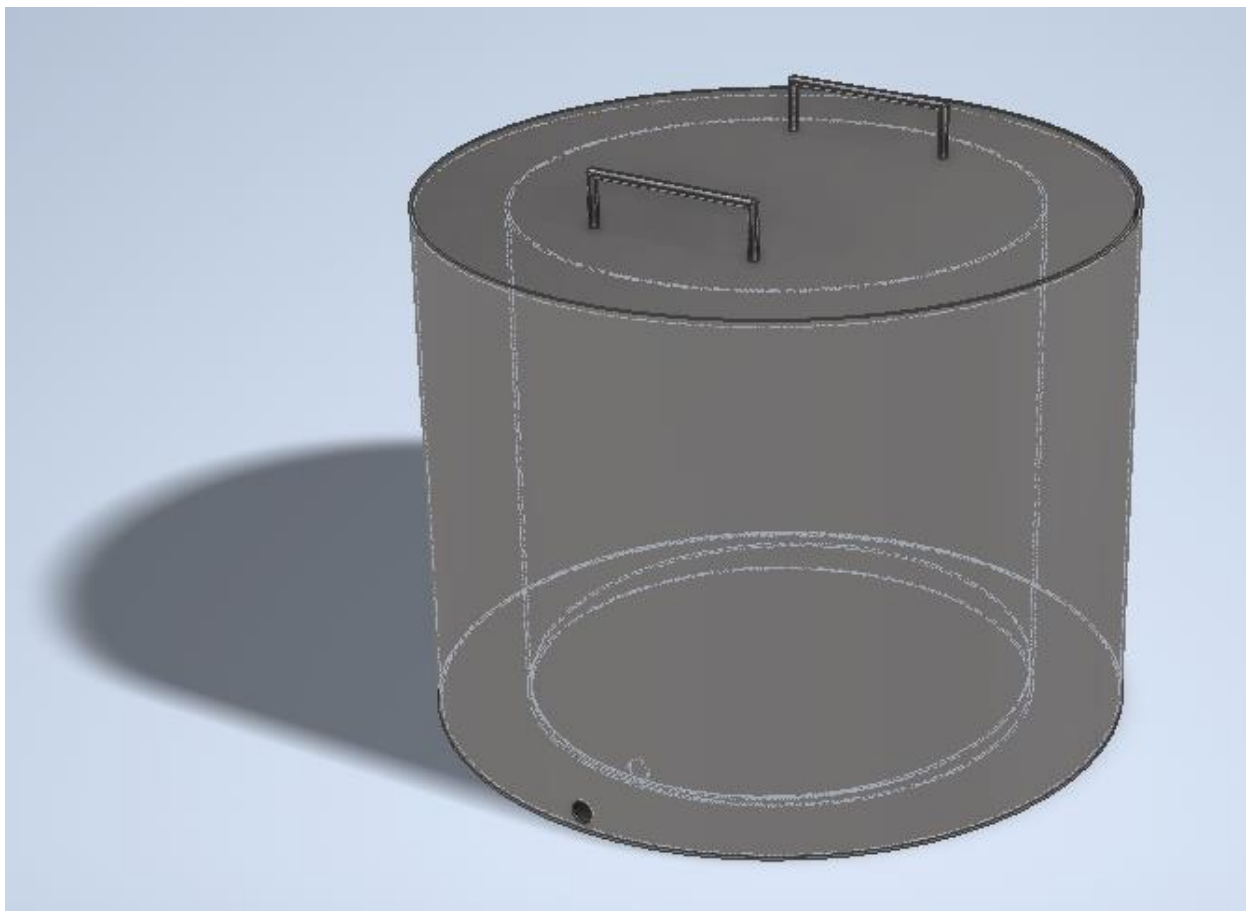


Ilustración 31. Reservorio de Cera.

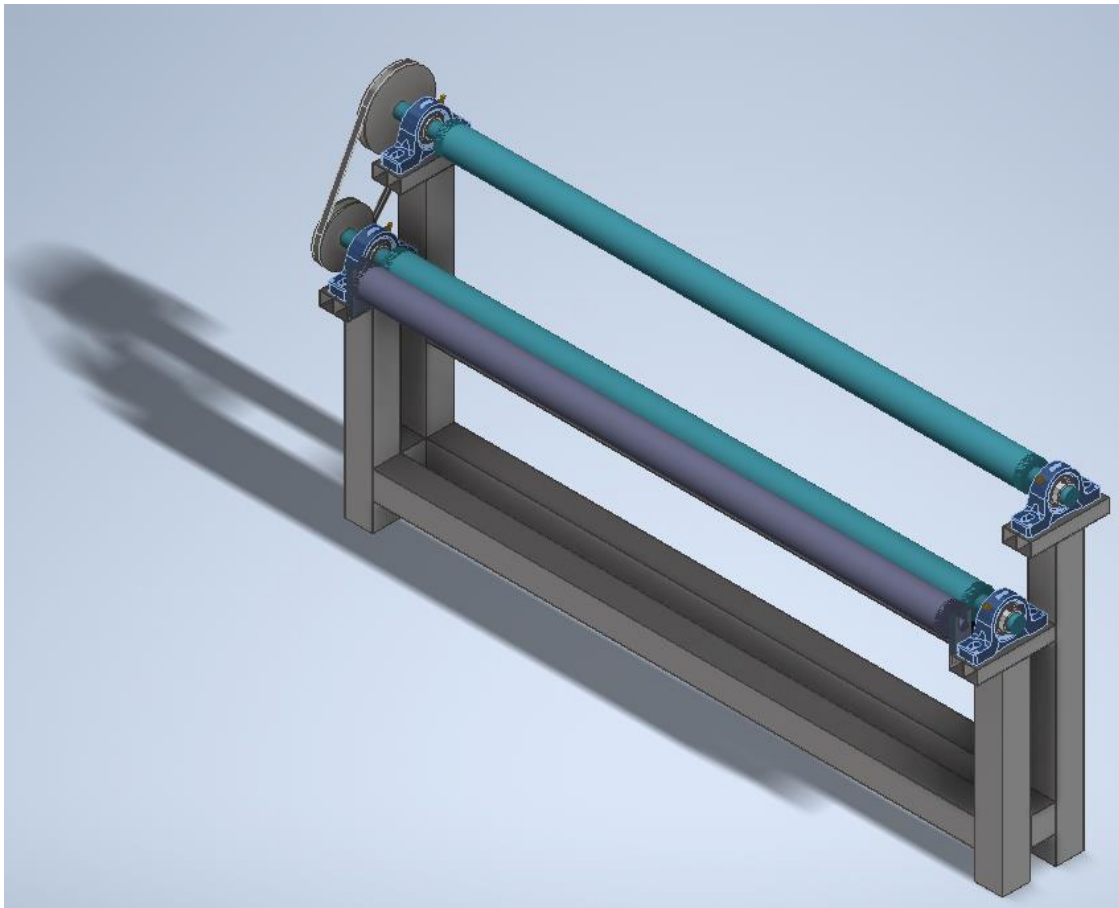


Ilustración 32. Sistema de Alimentación de Tela.



Ilustración 33. Sistema de Alimentación de Tela Construido.

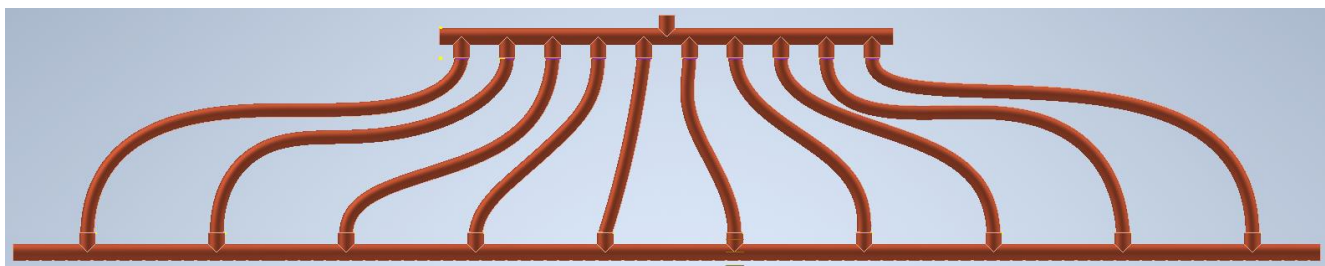


Ilustración 34. Tuberías del sistema de goteo de cera.

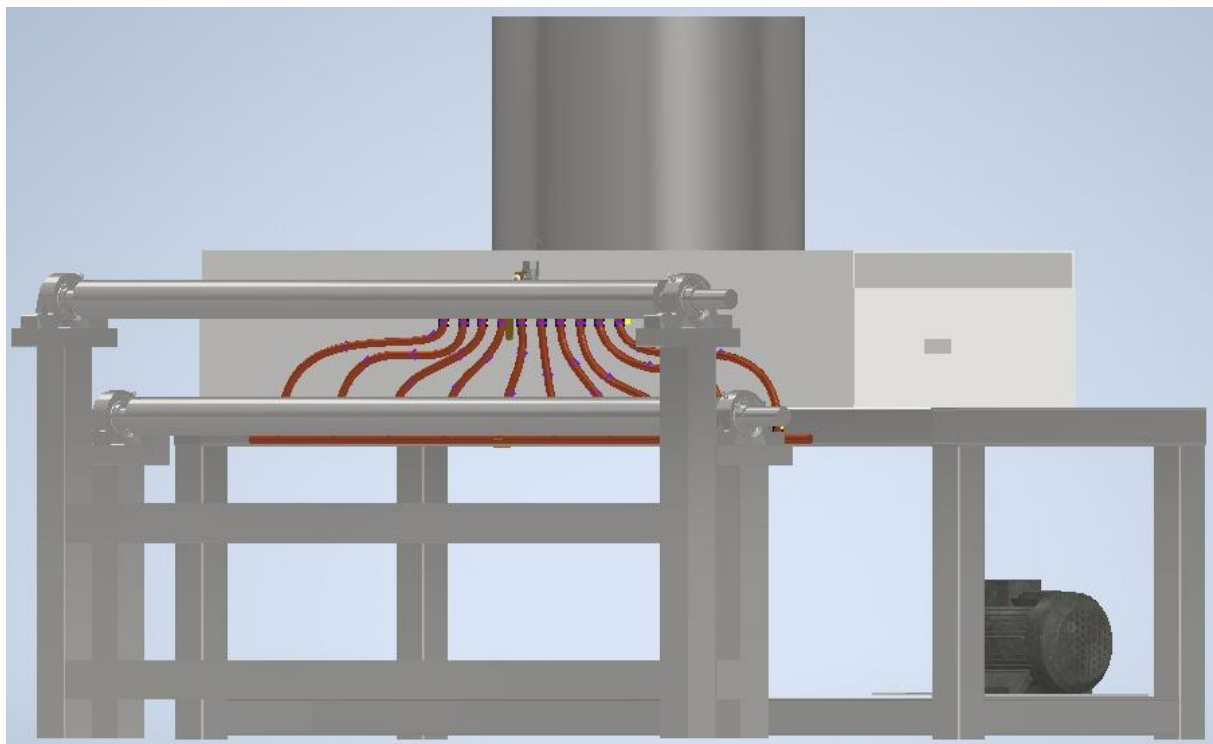


Ilustración 35. Ensamble total de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas.



Ilustración 36, Ensamble total de la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas Construido

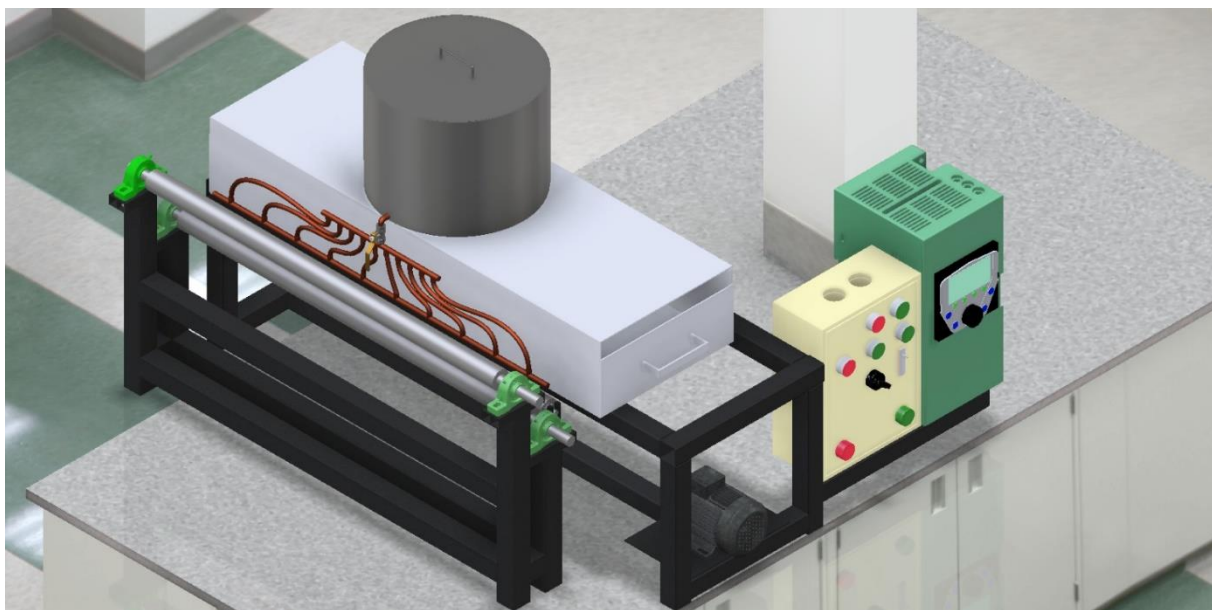


Ilustración 37. Vista del ensamble total de la máquina.

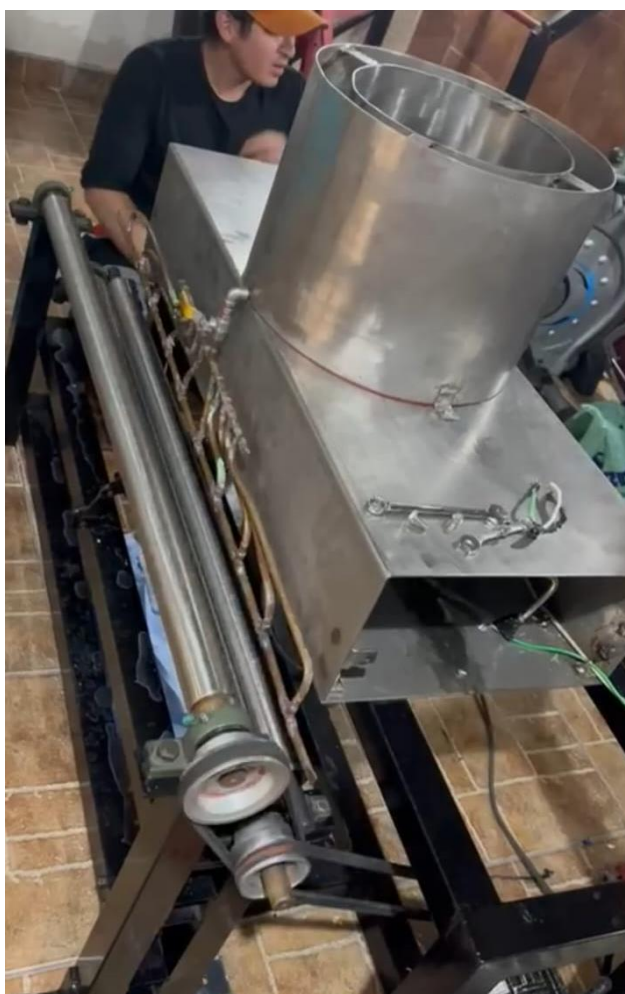


Ilustración 38. Vista lateral del ensamble total de la máquina Construida

B. Reporte de Diseño

Algunas variaciones han surgido al momento de la manufactura de la máquina. A continuación, se detallan las más importantes y relevantes:

- Los rodillos que fueron inicialmente diseñados carecían de estabilidad suficiente en sus puntos de apoyo. En el caso del rodillo tipo A, fue necesaria la fabricación de tarugos que sean insertados hasta cierta profundidad de los tubos de acero inoxidable. Esto se hizo para asegurar que los rodillos no se pandeen con el peso y los posibles desalineamientos. En el caso del rodillo tipo B, en lugar de hacer uso de un rodamiento en cada uno de sus extremos, se instalarán 3 rodamientos en cada lado, para asegurar que el rodillo gire con facilidad y tenga mayor rigidez y estabilidad.
- El rodillo del eje motriz y el punto de apoyo del motor contarán con un sistema de regulación que permita tensar las bandas de transmisión.
- Los diámetros de las poleas del eje motriz y del eje impulsado no se pudieron conseguir en los tamaños seleccionados en la etapa de diseño (3.6 y 4.8 pulgadas) sin embargo, se pudieron conseguir poleas que cumplen con la relación de diámetros (3 y 4 pulgadas), dicha relación es 1.33.
- La estructura de apoyo está construida con tubos cuadrados de 2 pulgadas de lado y 2 milímetros de espesor. Además, se han adaptado pletinas a las patas de la estructura para poder anclar la máquina a una mesa de trabajo.
- Las tuberías de cobre serán formadas en cobre para reducir las pérdidas por fricción y accesorios.
- La tubería de dispensación de la cera cuenta con agujeros de 1/16 pulgadas de diámetro distribuidos a lo largo de 1 metro de tubería. Dicho diámetro, asegura

el goteo de cera de manera que el flujo de cera no se convierta en un chorro y se mantenga la economización de cera.

- Se optará por la elección de un motor monofásico de 1/4 HP para impulsar al sistema, dicho motor será modulado con un variador de frecuencia para controlar su velocidad y a su vez controlado por el mismo que será capaz de controlar todo el sistema.

C. Experimentación Ingenieril para Verificaciones

Para poder determinar que la funcionalidad de la máquina de encerado fue la adecuada, se ha planteado hacer uso de la norma ASTM D5034 (Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test)) que en un inicio se utilizó para evaluar las propiedades mecánicas de las telas, tanto sin encerar como enceradas y de esa manera considerar el espesor adecuado del encerado, teniendo como referencia las telas enceradas de manera artesanal y manual por la propietaria de Rolling Bee.

Por ende, comprobar si el encerado se parece al de referencia es de suma importancia para contrastar los resultados de manera adecuada y comprender que el proceso se ha realizado con éxito.

Mediante de la norma, se evaluará a futuro la resistencia a la tracción de las telas enceradas mediante la máquina, y a su vez el espesor de encerado conseguido. Para los ensayos, se propone un total de 8 probetas, las cuales deben ser cortadas en longitudes de 100x25 mm. Se reportará la fuerza de tracción máxima de la tela, su elongación, y su espesor. Así, se conseguirá la evaluación de las telas para un futuro control de calidad, de manera que puedan obtenerse resultados semejantes a los propuestos en un inicio.

D. Plan de Prueba del Prototipo

Pruebas térmicas:

El objetivo de esta prueba es conocer cómo van a funcionar y os tiempos y rangos de calentamiento del sistema, para poder conocer cómo será el calentamiento

La prueba se realizará con el uso de los siguientes materiales:

- Resistencias térmicas
- Caja de resistencias de la máquina
- Tanque de almacenamiento de cera
- Termocupla de contacto
- Fluido para calentar

Esta prueba brindará una idea de cómo van a funcionar las resistencias y corroborar que se llegará a las temperaturas necesarias en el sistema. También nos dará una idea si el calentamiento del tanque también va a calentar el ambiente interno de la maquina

Pasos para realizar la prueba:

1. Preparación del sistema, se llena con el fluido el tanque de almacenamiento.
2. Colocación de sistema de recepción térmica, se conecta la termocupla para poder hacer la lectura dentro del tanque.
3. Preparación de resistencias, se conectan las resistencias previamente colocadas en la caja de resistencias y se espera a que se caliente el sistema.
4. Toma de tiempo, se toma el tiempo desde que se enciende el sistema hasta que la temperatura llega a los 65°C.
5. Apagado del sistema, se desconectan las resistencias y se determina el tiempo hasta que el sistema llegue a una temperatura ambiental.

Resultados:

Las pruebas térmicas fueron un éxito ya que las resistencias calentaron el sistema hasta las temperaturas requeridas y dejando un margen de error de $\pm 5^{\circ}\text{C}$, lo cual da por satisfactoria esta prueba. Esto se determinó por medio de tres pruebas satisfactorias realizadas en el sistema.

Conclusiones:

Aunque el sistema funcionó eficazmente, se encontraron obstáculos para hacer más pruebas, entre ellos la poca resistencia a altas temperaturas de los cables de conexión de las resistencias. Esto evitó continuar con más pruebas ya que al perder su recubrimiento, los cables de las resistencias se fundieron.

Prueba de giro con rodillos:

Esta prueba con ayudará a comprobar cómo va a funcionar el movimiento del sistema ya que, al ser todo impulsado por un motor, se necesita una forma de control de las velocidades, y para eso es necesario conocer cómo servir el movimiento de los rodillos sin el control de un variador de frecuencia.

La prueba se realizará con el uso de los siguientes materiales:

- Rodillos de acero inoxidable
- Motor AC/DC
- 4 chumaceras para rodillos
- 3 poleas
- Estructura del sistema

Esta prueba va a mostrar si es necesario un variador de frecuencia o si se puede optimizar el proceso con poleas que reduzcan la velocidad de movimiento.

Pasos para realizar la prueba:

1. Preparación de sistema: Se conectan las chumaceras, los ejes y la estructura para que no existan movimientos no deseados y que la prueba sea lo más parecido a la realidad del sistema.
2. Conexión de sistema de potencia: Se conectan las poleas a todas las partes del sistema, el motor y los dos rodillos.
3. Colocación del motor: Se coloca el motor en la estructura para que empiece el movimiento.
4. Ajuste de poleas y bandas: Se debe tensar las bandas de las poleas con una variación de distancia entre el eje motriz y el impulsado, para eso es necesario jalar el eje motriz y tensar el sistema.
5. Inicio de movimiento Se conecta el motor y se verifica la velocidad de movimiento colocando una tela de prueba y viendo como es movida por el sistema.
6. Se calcula la velocidad lineal y rotacional del sistema y se intentará adquirir el variador de frecuencia o el reductor necesario.

Resultados:

Las pruebas de giro fueron satisfactorias ya que el sistema de potencia junto con su automatización resultó en un método de control mejor al esperado inicialmente.

Las velocidades y torques de giro se pudieron controlar satisfactoriamente hasta un 20% de la potencia del motor. No se logró reducir más la velocidad debido a la pérdida de torque, lo cual evitó que los rodillos cargados con la tela girasen.

Conclusiones:

La prueba fue un éxito y logra controlar eficazmente la velocidad de giro, llegando a una baja cantidad de giros por minuto y logrando así cumplir con lo propuesto desde un inicio. Esto será muy beneficioso para la persona que dará uso a este modelo ya que puede producir tela mientras la corta en los formatos que necesite.

Pruebas de flujo:

Esta prueba brindará una idea del flujo del fluido dentro de las tuberías del sistema. Con esto se podrá comprobar si los cálculos son correctos, la presión se mantiene, y la dosificación es la correcta.

La prueba se realizará con el uso de los siguientes materiales:

- Agua
- Tanque de almacenamiento de cera
- Tuberías de flujo de fluido en el sistema
- Rodillos
- Estructura

Esta prueba nos dará una idea de cómo se dosificará el fluido sobre la tela y si la pequeña reserva de fluido se quedará en el área sobre los rodillos.

Pasos para realizar la prueba:

1. Preparación del sistema: Se conectan todas las válvulas, tuberías y acoples del sistema, y se llena el tanque de almacenamiento con el fluido de preferencia, puede ser agua, para hacer la dosificación
2. Ajuste de conexiones: Se ajusta bien todas las conexiones para que no existan derrames de fluido en el sistema y, por ende, pérdidas de materia prima.

3. Prueba: Se abre la válvula y se revisa como es el flujo, por cuales zonas gotea primero y por donde falta goteo.
4. Prueba de encerado
5. Con los parámetros determinados, se procede a hacer una prueba de encerado con una muestra de 10 metros de tela, y 5 kg de cera con los que se podrá realizar el enceramiento de la cantidad de tela propuesta.

Resultados:

Las pruebas de flujo fueron exitosas debido a que, gracias al aislamiento de las tuberías, el fluido no perdió temperatura como para solidificarse a la mitad del trayecto, esto sumado al calentamiento extra proveniente de las resistencias térmicas ayudaron a mantener diluida la cera de abejas. Al realizarse la prueba de encerado se logró realizar la dosificación necesaria del fluido de cera sobre la tela, pero el resultado logró un espesor mayor al esperado y el color de la cera se mantuvo, pintando la tela de un tono amarillento.



Ilustración 39. Resultados preliminares de enceramiento de tela.

Conclusiones:

El modelo propuesto para las tuberías del sistema fue exitoso y logra reducir las pérdidas al evitar el uso de ángulos que reduzcan la presión y provoquen que el fluido se adhiera en estas secciones. Por otro lado, existen mejoras que se deben realizar sobre todo con los manejos de la temperatura de los rodillos, de esta manera la adherencia de la cera será mayor y se logrará el acabado esperado.

En las siguientes tablas se encuentra un resumen de los procedimientos y resultados de cada una de las pruebas.


Tipo de Prueba	Materiales	Procedimiento	Conclusiones	Resultados	Registro Fotográfico
Calentamiento	Resistencias Térmicas	1. Llenar el tanque con cera.	Aunque el sistema funcionó eficazmente, se encontraron obstáculos para hacer más pruebas, entre ellos la poca resistencia a altas temperaturas de los cables de conexión de las resistencias. Esto evitó continuar con más pruebas ya que al perder su recubrimiento, los cables de las resistencias se fundieron.	Las pruebas térmicas fueron un éxito ya que las resistencias calentaron el sistema hasta las temperaturas requeridas y dejando un margen de error de $\pm 5^\circ\text{C}$, lo cual da por satisfactoria esta prueba. Esto se determinó por medio de tres pruebas satisfactorias realizadas en el sistema.	
	Caja de Resistencias	2. Conectar la termocupla dentro del tanque.			
	Tanque de almacenamiento de cera	3. Conectar las resistencias y esperar a que se caliente el sistema.			
	Cera	4. Tomar el tiempo que se tarda en llegar a la temperatura deseada (65°C).			
	Termocupla de contacto	5. Apagar el sistema.			

Tabla 8. Resumen de las pruebas de calentamiento.


Tipo de Prueba	Materiales	Procedimiento	Conclusiones	Resultados	Registro Fotográfico
Giro de Rodillos	Rodillos de Acero Inoxidable	1. Ensamblar los rodillos, chumaceras y la estructura.	La prueba fue un éxito y logra controlar eficazmente la velocidad de giro, llegando a una baja cantidad de giros por minuto y logrando así cumplir con lo propuesto desde un inicio. Esto será muy beneficioso para la persona que dará uso a este modelo ya que puede producir tela mientras la corta en los formatos que necesite.	Las pruebas de giro fueron satisfactorias ya que el sistema de potencia junto con su automatización resultó en un método de control mejor al esperado inicialmente. Las velocidades y torques de giro se pudieron controlar satisfactoriamente hasta un 20% de la potencia del motor. No se logró reducir más la velocidad debido a la pérdida de torque, lo cual evitó que los rodillos cargados con la tela girasen.	
	Motor Trifásico AC	2. Conectar el sistema de transmisión de las poleas al motor y los rodillos.			
	Chumaceras	3. Ensamblar el motor.			
	3 Poleas	4. Ajuste de poleas y bandas mediante las regulaciones existentes en la estructura			
	2 Bandas	5. Encender el motor y regular su velocidad mediante el sistema de control.			
	Estructura del sistema de alimentación	6. Variar la velocidad mediante el variador de frecuencia hasta alcanzar la velocidad deseada.			

Tabla 9. Resumen de las pruebas de giro.


Tipo de Prueba	Materiales	Procedimiento	Conclusiones	Resultados	Registro Fotográfico
Flujo	Agua y/o Cera	1. Conectar las válvulas, tuberías y acoples del sistema.	El modelo propuesto para las tuberías del sistema fue exitoso y logra reducir las pérdidas al evitar el uso de ángulos que reduzcan la presión y provoquen que el fluido se adhiera en estas secciones. Por otro lado, existen mejoras que se deben realizar sobre todo con los manejos de la temperatura de los rodillos, de esta manera la adherencia de la cera será mayor y se logrará el acabado esperado.	Las pruebas de flujo fueron exitosas debido a que, gracias al aislamiento de las tuberías, el fluido no perdió temperatura como para solidificarse a la mitad del trayecto, esto sumado al calentamiento extra proveniente de las resistencias térmicas ayudaron a mantener diluida la cera de abejas.	
	Tanque de Almacenamiento de cera	2. Llenar el tanque con agua o cera.			
	Tuberías de alimentación de cera	3. Ajustar todas las conexiones para evitar fugas.			
	Rodillos	4. Realizar pruebas de encerado.			
	Estructura	5. Ajustar la cantidad de tela en los rodillos para poder realizar un encerado controlado.			

Tabla 10. Resumen de las pruebas de flujo.


Tipo de Prueba	Materiales	Procedimiento	Conclusiones	Resultados	Registro Fotográfico
Encerado	Cera de abejas	1. Encender el sistema y esperar que se alcance la temperatura deseada.	Existen algunos aspectos a mejorar para poder realizar de manera eficaz el encerado, entre ellos un sistema de calentamiento de los rodillos para que no exista un gran choque térmico entre la tela, la cera y los rodillos. Una opción de mejora es una estructura que cubra la zona de la tela y mantenga el calor generado por las resistencias, lo que lograría mantener el espacio de enceramiento a una temperatura controlada. Por otro lado, aplicar calentamiento con carbones dentro de los rodillos ayudaría en lo expuesto anteriormente sobre el choque térmico.	Al realizarse la prueba de encerado se logró realizar la dosificación necesaria del fluido de cera sobre la tela, pero el resultado logró un espesor mayor al esperado y el color de la cera se mantuvo, pintando la tela de un tono amarillento. Por ende, para realizar un buen encerado, es necesario ajustar algunas características de la máquina y así lograr los resultados que se esperan.	
	Tela de algodón	2. Con el motor en reversa, enrollar la tela en el rodillo impulsado.			
		3. Abrir la valvula del sistema de tuberías.			
	Máquina de encerado de telas	4. Poner en marcha adelante al motor y empezar a realizar el encerado de la tela.			

Tabla 11. Resumen de las pruebas de encerado.

E. Seguridad a través del Diseño

En un análisis de riesgo confluyen todas las especificaciones de un proyecto, desde la parte de construcción hasta la operación, por esto se tienen varios parámetros para separar y enfocarse en posibles riesgos de algunos ámbitos:

- Técnicos
- Operacionales
- Económicos
- Ambientales
- Comerciales
- Manejo de recursos
- Seguridad
- Culturales
- Legales Políticos

Todos estos riesgos deben ser identificados, evaluados, manejados y monitoreados, esto es para asegurar que el riesgo no se convertirá en un problema mucho más difícil de solucionar. La identificación de los riesgos se realiza examinando los requerimientos, objetivos, alcances, especificaciones, cronogramas, presupuestos, etc. Todo lo que podría suponer un problema para el desarrollo del proyecto.

Para su evaluación de riesgos es necesario estudiar la probabilidad de que se presente el riesgo, y el impacto que tendría este en el desarrollo o ejecución de este. Posteriormente se maneja estos riesgos tomando decisiones sobre el proceder con el mismo, para minimizar o

evitar el impacto de este, y finalmente se lo monitorea para conocer si el riesgo efectivamente fue cortado de raíz o puede volver a aparecer.

Los riesgos más posibles en la construcción y operación de una máquina son contra los operadores y constructores, o riesgos por problemas de fabricación.

Para el desarrollo de este proyecto, se han determinado algunos riesgos que pueden hacerse presentes en el proceso, para esto se realizó un brainstorming de los posibles riesgos y posteriormente se los depuró en los más importantes, relevantes y posibles.

- **Atasco de tela: Riesgo operacional**

Este es un riesgo que se puede suscitar cuando la máquina esté en operación, teniendo un enorme impacto (5) y probabilidad (5) de que pase ya que los rodillos de tela comerciales tienen muchos defectos en sus rollos y esto podría ocasionar que la tela no siga siempre un trayecto totalmente recto como es necesario para esta máquina. Para mitigar o corregir este riesgo la decisión tomada es realizar pruebas para verificar la frecuencia con la que sucede esto, y que la trayectoria de la tela sea corregida por el operador, el cual sería el responsable de corregir esta falla.

- **Falta de tensión y arrugas en la tela: Riesgo operacional**

Este riesgo también está presente por los problemas intrínsecos de los rodillos de tela, teniendo de igual manera un enorme impacto (5) y probabilidad (5) de suceder. Para corregir este riesgo, se plantea que el operador detenga el sistema y le vuelva a dar tensión a la tela para que las arrugas y dobleces desaparezcan y se pueda continuar con el trabajo normal.

- **Alineación de los ejes: Riesgo de fabricación**

Este es un riesgo que al realizarlo de forma empírica es muy propenso a que pase y ocasione más problemas dentro de la máquina ya que si los ejes están mal alineados, los dos

riesgos anteriores son más propensos a suceder, esto significa que el impacto sobre el funcionamiento de la máquina es muy grande (5) y la probabilidad de que pase también es muy alta (5) para lo cual se necesita mitigarlo desde la construcción. Para ello se ha planteado el uso de un medidor laser de alineación para asegurar de forma fiable que los ejes están bien alineados.

- **Falta de materia prima de producción: Manejo de Recursos**

Este es un problema muy común que tiene un gran impacto (5) y una gran probabilidad de que suceda (5) ya que la presencia de materia prima es indispensable para el funcionamiento y a su vez, el constante uso de esta provoca que se acabe rápidamente, por ende, es muy probable que esto suceda. Para mitigar el riesgo, el operador debe mantener un stock activo de todas las materias primas necesarias para el cumplimiento de los procesos.

- **Estancamiento de cera en tuberías frías: Riesgo operacional**

Este es un problema muy común que tendrá la máquina ya que la cera en condiciones ambientales es sólida, pero se vuelve líquida a pocos grados fuera de la temperatura ambiente, por ende, las tuberías siempre se taponarán, para contrarrestar este problema, hacer un precalentamiento del sistema va a ser muy útil.

- **Deformación térmica: Riesgo técnico**

El riesgo por deformación térmica es muy probable debido a que las temperaturas que se manejan no son en condición ambiente, pero a su vez no son lo suficientemente críticas para de formar un tubo de acero. Este es un riesgo ya expirado gracias al uso de simulaciones de deformación térmica y mecánica, con lo que se concluye que la deformación por estas cargas no va a ser un problema.

- **Quemaduras de tela: Riesgo operacional**

La quemadura de la tela es algo no tan posible que suceda, pero es un riesgo latente ya que, al emplear temperaturas sobre el ambiente en el sistema, la tela puede verse afectada, esto tendría un alto impacto sobre el funcionamiento del sistema (4) pero su probabilidad también es grande (4). Para contrarrestar este riesgo es necesario emplear pruebas sobre la tela a temperaturas similares a las que se verá afectada en el sistema.

- **Falta de presupuesto por parte de contratista: Riesgo económico**

Es un riesgo latente y que posiblemente vería truncado el desarrollo del proyecto, para lo cual se utilizaría el presupuesto de la contratista, María Sara, y el presupuesto que la universidad nos brinda, y en el caso de no ser suficiente, se utilizará dinero propio.

- **Atrapamiento de extremidades del operador en los rodillos de uniformización: Riesgo operacional**

El atrapamiento es un riesgo presente en casi todos los sistemas mecánicos de movimiento, para lo cual no hay una solución tan sencilla ya que los equipos necesitan estar dispuestos de cierta manera especial para cumplir sus propósitos, pero se empleará el uso de rótulos para señalar los posibles riesgos del uso de este equipo.

- **Quemaduras del Operador con Resistencias eléctricas o cera caliente: Riesgo de seguridad**

Al trabajar con altas temperaturas, siempre hay el riesgo de que existan quemaduras en el usuario ya sea por las resistencias, o por la cera caliente. Para evitar daños en el operador, se aislará lo más posible todos los sistemas para que no haya daños por la temperatura, pero también el operador deberá utilizar protección personal contra temperatura para evitar dañarse a sí mismo.

- **Desorientación de abejas por la cantidad de cera utilizada: Riesgo ambiental**

Es un riesgo posible ya que, al usar compuestos naturales, las abejas van a verse atraídas hacia la cera y esto puede provocar ataques contra el operador, o incluso muerte de las abejas, por ende, para evitar que esto suceda se utilizará el equipo en lugares cerrados.

- **Descalibración de los sensores: Riesgo técnico**

Es algo posible que suceda, por ende, se necesita tener una calibración vigente de todos los sensores a utilizar para que la máquina siempre este trabajando en condiciones adecuadas.

En el apéndice B4 se encuentra la tabla de análisis de riesgos en la cual se puede observar el orden jerárquico de los riesgos y en donde se encuentran ordenados según su importancia. Además, se detallan observaciones para cada uno de los riesgos evaluados.

F. Manual de Operaciones y Mantenimiento

Con la finalidad de guiar al usuario de la máquina de encerado automático de telas, se ha elaborado un manual de operaciones y mantenimiento. En dicho manual, se detallan las partes básicas de la máquina, sus elementos y necesidades especiales para su instalación, y la operatividad de cada uno de sus subsistemas, además, se propone un plan de mantenimiento para el cuidado de la máquina, manteniendo siempre la seguridad como una prioridad a todo momento. El manual se encuentra en el apéndice B3 del documento.

G. Costos

Como parte del proyecto fue de suma importancia realizar un análisis de costos para poder implementar la máquina de encerado de telas como tal. Con la finalidad de reducir los costos, se obtuvieron varias cotizaciones en diferentes locales comerciales que

proporcionaban la venta de los materiales necesarios. A continuación, en cada una de las siguientes tablas, se muestran los precios estimados, en base a los proveedores con los precios más convenientes, para cada uno de los subsistemas de la máquina.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Alimentación de Cera	Neplo Inox Hexad 1/4	1.00	\$ 1.53	\$ 1.50
	Neplo Inox 1/4X4	1.00	\$ 2.63	\$ 2.56
	Codo Inox Roscado 1/4X90	1.00	\$ 2.03	\$ 1.98
	MT Cañería 3/8" Cobre	8.00	\$ 2.72	\$ 25.06
	Tee Cobre SO-SO 3/8-1/4"	25.00	\$ 1.22	\$ 35.11
	Soldadura de Estaño 95%	0.50	\$ 23.20	\$ 13.34
	Decapante Griffon 80 ML	1.00	\$ 9.65	\$ 11.10
	Abrazadera Cobre doble ala 1/2"	3.00	\$ 0.33	\$ 1.12
	Pasta Soldadura 100 Gr	1.00	\$ 1.12	\$ 1.29
	Valvula Esfera PN25 1/4"	1.00	\$ 3.68	\$ 4.24
	Terminal Macho Cobre 3/8-1/4"	2.00	\$ 2.85	\$ 6.55
Terminal Hembra Cobre 1/4"	1.00	\$ 2.15	\$ 2.48	

Costo del Sistema	\$ 106.33
--------------------------	------------------

Tabla 12. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema de alimentación de cera.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Alimentación de Tela	Tubo inox. C40 1 1/2x1100	3.33	\$ 35.58	\$ 122.65
	Chumacera de piso 205-16	4.00	\$ 6.14	\$ 24.01
	Acero de transmision 1018 1x500	0.50	\$ 10.23	\$ 5.29
	Acero de transmision 1018 2x50	0.22	\$ 40.93	\$ 9.51
	Electrodos de inoxidable	0.50	\$ 25.58	\$ 13.24
	Polea de aluminio 2x3	1.00	\$ 6.14	\$ 6.00
	Polea de aluminio 1x4	1.00	\$ 4.10	\$ 4.01
	Pletina negra 6x50	1.61	\$ 6.16	\$ 10.26
	Chavetas	2.00	\$ 1.00	\$ 2.00
	Banda A23	1.00	\$ 2.55	\$ 2.49

Costo del Sistema	\$ 199.46
--------------------------	------------------

Tabla 13. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema de alimentación de tela.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Estructura	T. cuadros de acero 50x2	2.00	\$ 23.35	\$ 48.33
	Pernos 5/16 x 3/2	4.00	\$ 0.30	\$ 1.38
	Pernos 1/2 x 1/2	4.00	\$ 0.50	\$ 4.60
	Arandelas de presion	8.00	\$ 0.08	\$ 0.74
	Perno Negro 3/8X1	4.00	\$ 0.23	\$ 1.03
	Tuerca Negra 3/8	4.00	\$ 0.09	\$ 0.41
	Broca Cobalto 1/4	1.00	\$ 5.12	\$ 5.00
	Electrodo Inox UTP 308 3/32	1.00	\$ 25.58	\$ 25.00

Costo del Sistema	\$ 86.50
--------------------------	-----------------

Tabla 14. Detalle de costos de los materiales necesarios para la fabricación de la estructura de la máquina.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Mano de Obra	Mano de obra	1.00	\$ 600.00	\$ 600.00

Costo del Sistema	\$ 600.00
--------------------------	------------------

Tabla 15. Costo de la mano de obra.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Sistema de Control	Motor + variador + contactores	1.00	\$ 580.00	\$ 580.00

Costo del Sistema	\$ 580.00
--------------------------	------------------

Tabla 16. Costos del sistema de control.

SISTEMA	Detalle	Cant.	Precio Unitario	Precio Total
Sistema Térmico	Plancha de Acero Inox.	1.00	\$ 249.44	\$ 249.44
	Perno Inox 1/4X1	12.00	\$ 0.18	\$ 2.42
	Tuerca Inox 1/4	12.00	\$ 0.08	\$ 1.08
	Resistencias Térmicas	3.00	\$ 65.40	\$ 196.20
	Termostato	1.00	\$ 50.00	\$ 50.00

Costo del Sistema	\$ 499.14
--------------------------	------------------

Tabla 17. Detalle de costos de los materiales necesarios para el sistema térmico.

H. Resultados, Discusión y Conclusiones

Después de una exhaustiva búsqueda de soluciones para la máquina de encerado automático de telas con cera de abejas, y luego de haber estudiado varias alternativas de diseño, se llegó a optar por el diseño más eficiente, tanto económica como funcionalmente.

En un principio, el manejo de la alimentación de la tela en el sistema fue el mayor de los desafíos, ya que fue necesario hacer un estudio de las telas a encerarse para poder tener una idea de las fuerzas que resisten y de su comportamiento. Por otro lado, el análisis volumétrico fue de gran importancia al momento de determinar la velocidad a que la tela debería moverse en el sistema, ya que al comprender el proceso de alojamiento de la cera entre las fibras de la tela se pudo determinar la cantidad de cera necesaria que debe gotear en cada charco de cera que se forma a lo largo de 1 metro de tela.

Posteriormente, por medio del análisis de transferencia de calor, se pudo determinar la potencia necesaria del sistema de calentamiento para que se pueda mantener al ambiente a una temperatura adecuada para que no existan cambios de temperatura bruscos, y a la vez que la cera que fluye desde el reservorio, por las tuberías, hasta el dispensador, se mantenga en la temperatura de su punto de fusión para que no existan atascos. Este análisis, jugó un papel importante en el diseño de la máquina ya que se pudieron descartar muchas alternativas de diseño teniendo en cuenta donde debería estar el sistema de calentamiento, teniéndose como decisión final que el sistema sea calentado por un conjunto de resistencias alojadas en una caja de resistencias bajo el reservorio, por detrás de las tuberías y sobre el sistema de alimentación de tela, siendo capaz de transferir a cada parte mencionada el calor necesario para que el encerado de las telas sea realizado con éxito.

En cuanto a la estructura, se ha logrado conseguir una estructura que tenga la estabilidad suficiente. Además, respecto a la adquisición de materiales y componentes, se ha logrado conseguir una buena relación tanto con el cliente como con el dueño del taller en

donde se fabrica la máquina, pudiendo de esta manera acceder a una buena guía hacia proveedores que no resulten muy costosos y que vendan solamente el material necesario, de esta manera, se ha evitado el desperdicio de material y se ha optimizado el presupuesto para el proyecto.

Finalmente, luego de haberse realizado diversas pruebas para verificar el funcionamiento del sistema, se han determinado algunas conclusiones:

El sistema de potencia y movimiento de la tela es completamente funcional y adecuado a la necesidad del proyecto ya que, con el control automatizado de parte del variador de frecuencia, se logran velocidades óptimas de giro de mínimo el 20% de la potencia del motor y conservando el torque necesario para poder mover el sistema de rodillos.

De igual manera, el sistema de resistencias térmicas para el calentamiento de la cera funcionó de la forma esperada, pero surgieron varios contratiempos que por falta de aislamiento eléctrico y térmico los cables de las resistencias hicieron corto circuito. Esto se solucionará en los días posteriores a la entrega de este documento ya que la contratista necesita poner en funcionamiento el sistema lo más pronto posible.

Posterior a lo antes mencionado, se puede concluir que:

- El sistema de control automatizado funciona de manera correcta ya que sus componentes, motor y resistencias, actúan según lo planificado en el inicio del proyecto.
- El tiempo de calentamiento esperado no se cumplió ya que la resistencia específica del tanque de almacenamiento al ser más potente que el resto necesita un tiempo mayor al estimado para alcanzar la temperatura de 70°C esperada en el tanque, pero funciona de manera eficaz.

- Al momento del abastecimiento de la cera, se necesita de dos o más personas para que esta se envuelva sin arrugas en el rodillo impulsado, esto complica un poco el manejo del sistema por parte de una sola persona ya que esta no logrará fácilmente colocar la tela sin arrugas.
- El aislamiento colocado en el tanque de almacenamiento de cera ayuda eficazmente a reducir las pérdidas de calor del sistema y también evita fugas por evaporación de la cera.

I. Trabajos Futuros

En la búsqueda del correcto funcionamiento de la máquina, a continuación, se listan los aspectos que se deberían perfeccionar para el funcionamiento correcto de la máquina.

- *Inclusión de una estructura envolvente:* Esta estructura mantendrá el calor en el sistema para evitar el choque térmico al que estaría sometida la cera al momento de gotear sobre la tela ya que mantendría una atmosfera caliente dentro del sistema y se reducirían las pérdidas de calor.
- *Inclusión de un sistema de enfriamiento:* Si bien la tela encerada se seca rápidamente, para evitar pérdidas de encerado en el sistema de bajada de tela, lo mejor sería acelerar ese enfriamiento con unos ventiladores. Por otro lado, es importante emplear un sistema de enfriamiento para la caja de resistencias. Esto con el fin de aumentar la vida útil de las mismas.
- *Reacomodamiento de cables internos de la caja de resistencias:* Para aislar de mejor manera los cables que alimentan a las resistencias térmicas o niquelinas, es necesario que los mismos se encuentren fuera de la caja de resistencias ya que el calor hará que el recubrimiento de los cables se pierda.

- *Inclusión de una bandeja de salida de tela:* Para evitar el contacto con zonas contaminadas, una buena opción de mejoramiento del sistema es incluir una bandeja de salida por la cual se desplazaría la tela encerada de manera uniformemente hasta llegar a las manos del operador y poder ser cortadas de la manera que el mismo prefiera.
- *Ajuste de los rodillos de uniformización:* Dado que el encerado de las telas aun no ha sido perfeccionado en su totalidad debido a que el espesor de cera es excesivo, se prevé que será necesario aumentar el ajuste entre los rodillos para que, al momento del encerado, la cera caliente sea uniformizada y a su vez expandida por las áreas donde no ha logrado llegar sobre la tela.
- *Calentamiento de los rodillos:* Para que la cera no pierda su fluidez por cambios de temperatura y a su vez aportarles calor a las telas, es necesaria la implementación de un sistema de calentamiento de los rodillos. De esta manera, la cera se mantendrá en su punto de fusión y los residuos de cera sobre los rodillos serán mínimos, a la vez que la uniformización del encerado sobre la tela será optimizada.
- *Aislamiento de tuberías:* Con el fin de evitar pérdidas de calor en las tuberías y que esto provoque atascamientos en las tuberías, se deberá incluir aislamientos adecuados en las tuberías que permitan que las mismas no pierdan el calor de la cera caliente y de esa manera mejorar el goteo de cera.
- *Aumento de tuberías Manifold:* Con el objetivo de reducir las pérdidas dentro de las tuberías, es necesario conectar la tubería de goteo de cera a más de un Manifold, partiendo de varias salidas desde el tanque reservorio. Esto permitirá que los puntos extremos de la tubería de goteo de cera mantengan la presión suficiente para que el goteo de cera sea más eficiente.

- *Aislamiento de la caja de resistencias:* Para evitar que la caja de resistencias eléctricas sea de alto riesgo por las temperaturas que alcanza y que los cables se quemen, es necesario aislar todas las conexiones y las zonas que puedan provocar una quemadura grave.

J. Referencias

Chiriboga Arroyo, P. G. (27 de Marzo de 2013). *Finite Element Modeling of Vibrations of Canvas Paintings*.

Kamble, Z., & Behera, B. K. (January de 2020). *Mechanical properties and water absorption characteristics of composites reinforced with cotton fibres recovered from textile waste*.

Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1558925020901530>

Martin. (s.f.). *Catalogo de Poleas de Transmisión*. Obtenido de

https://es.martinsprocket.com/docs//catalogs/power%20transmission/6_poleas/seccion%20d.pdf

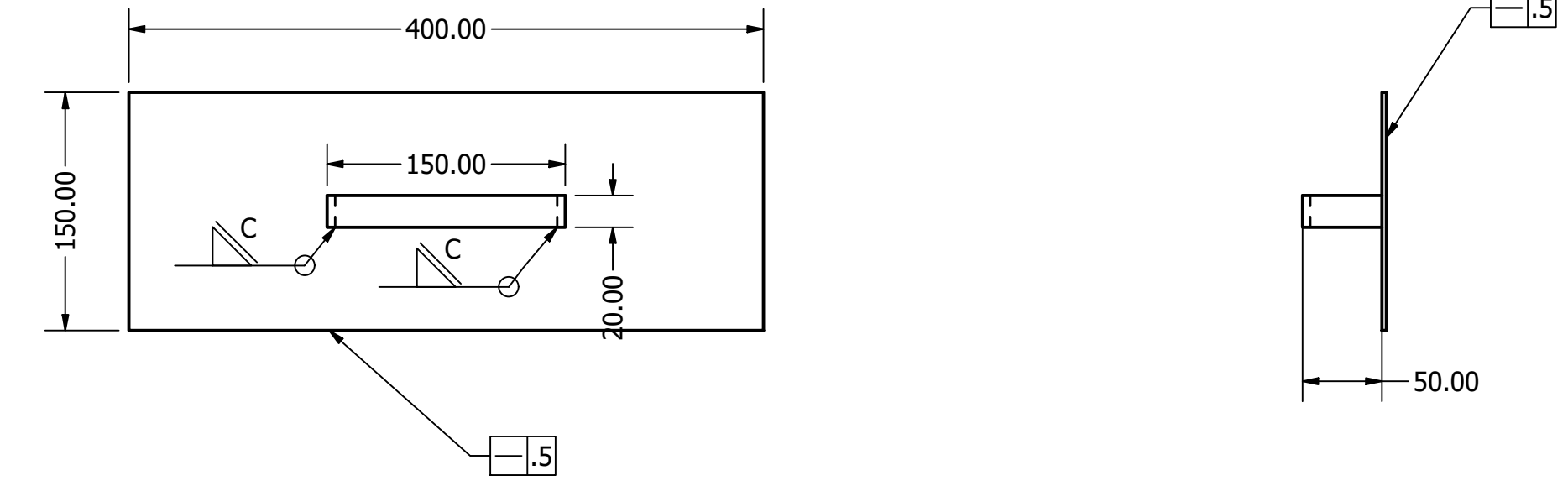
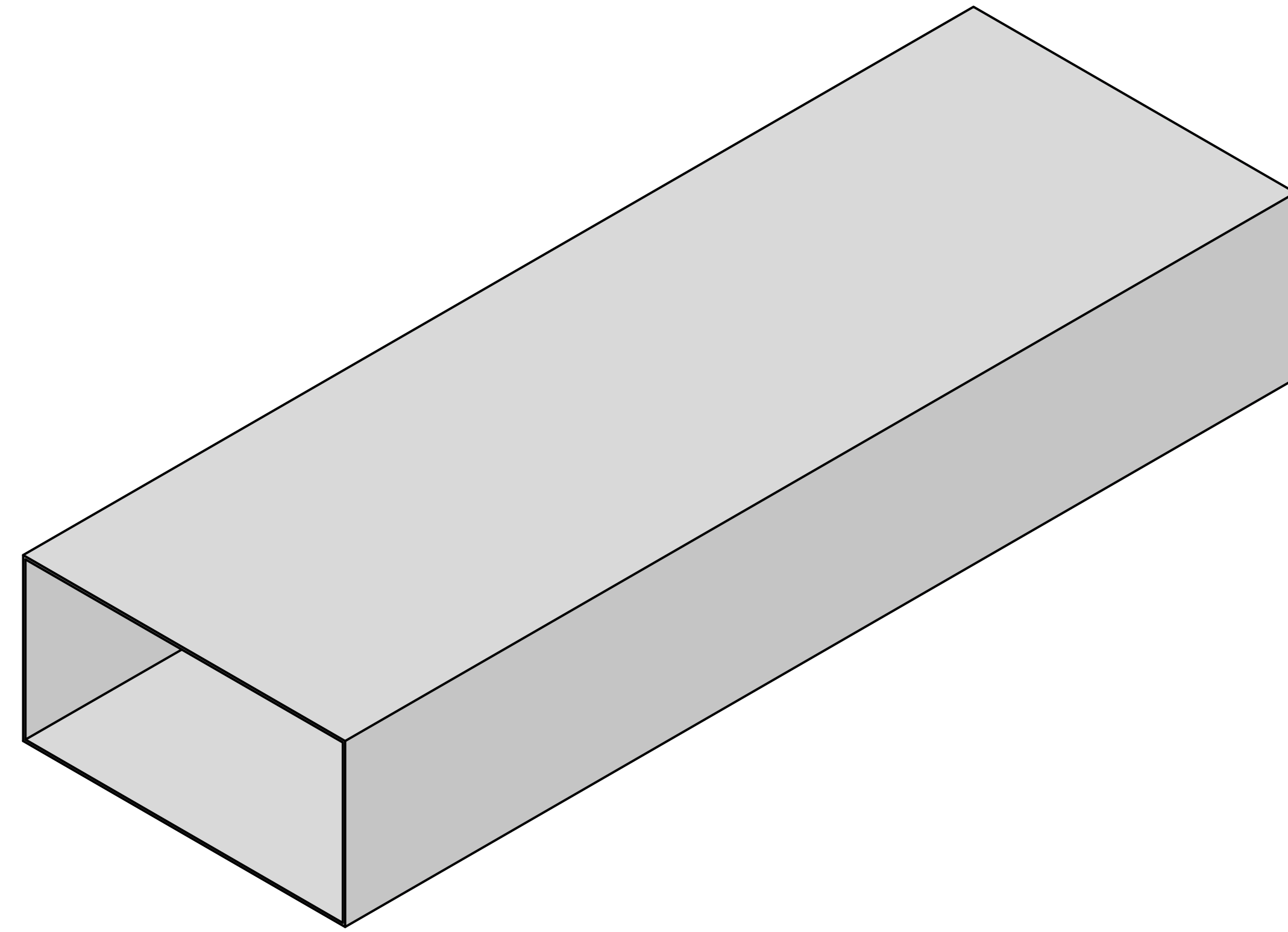
Skiver, S. (2023). Beeswax Wraps as an Alternative to Single-Use Plastics. *Williams Honors College, Honors Research Projects*.

The Nature Conservancy. (19 de Julio de 2021). *Es ahora o para siempre*. Obtenido de

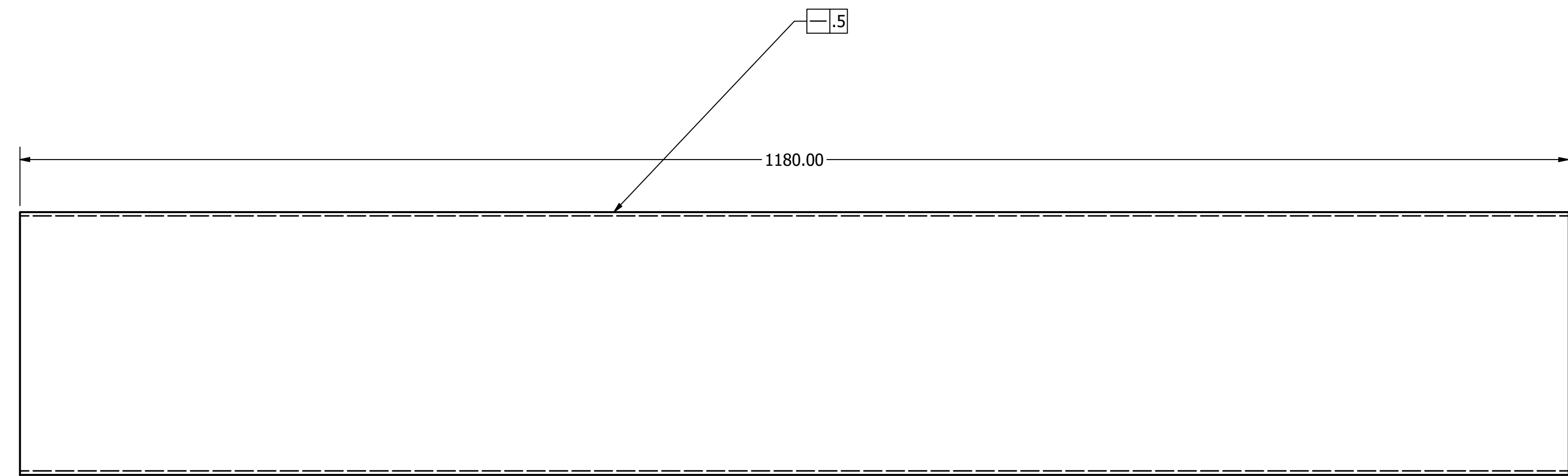
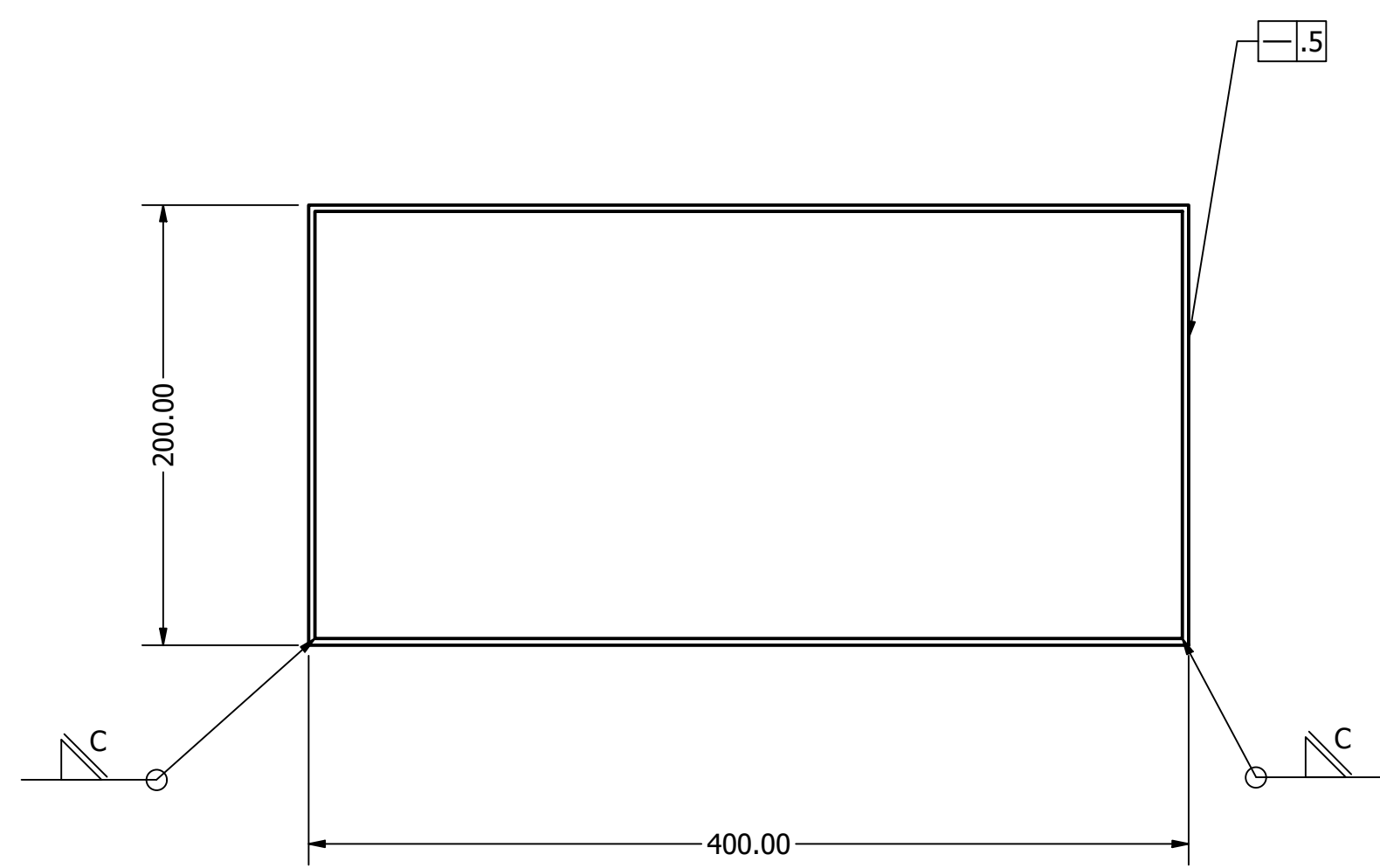
<https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/ciudades-saludables/detener-residuos-plasticos/#:~:text=Si%20la%20tendencia%20actual%20contin%C3%BAa,80%20millones%20de%20ballenas%20azules>.

4. APÉNDICES

A. Planos de Ingeniería y Cálculos Detallados

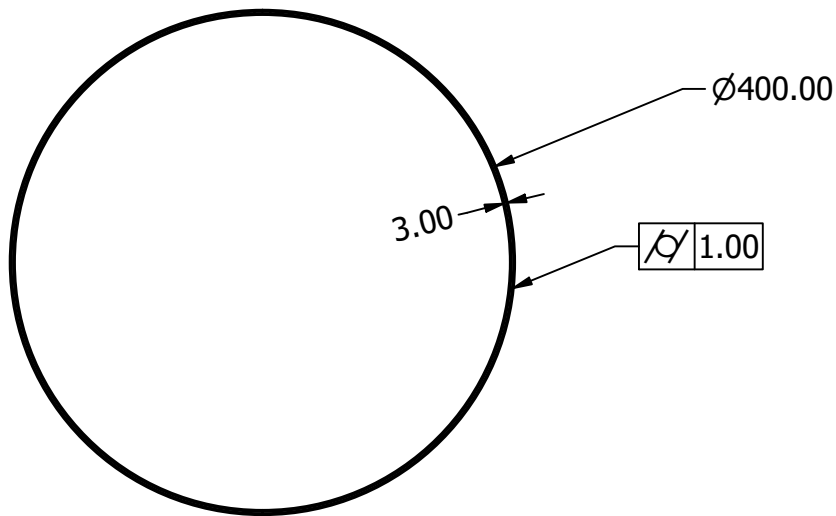
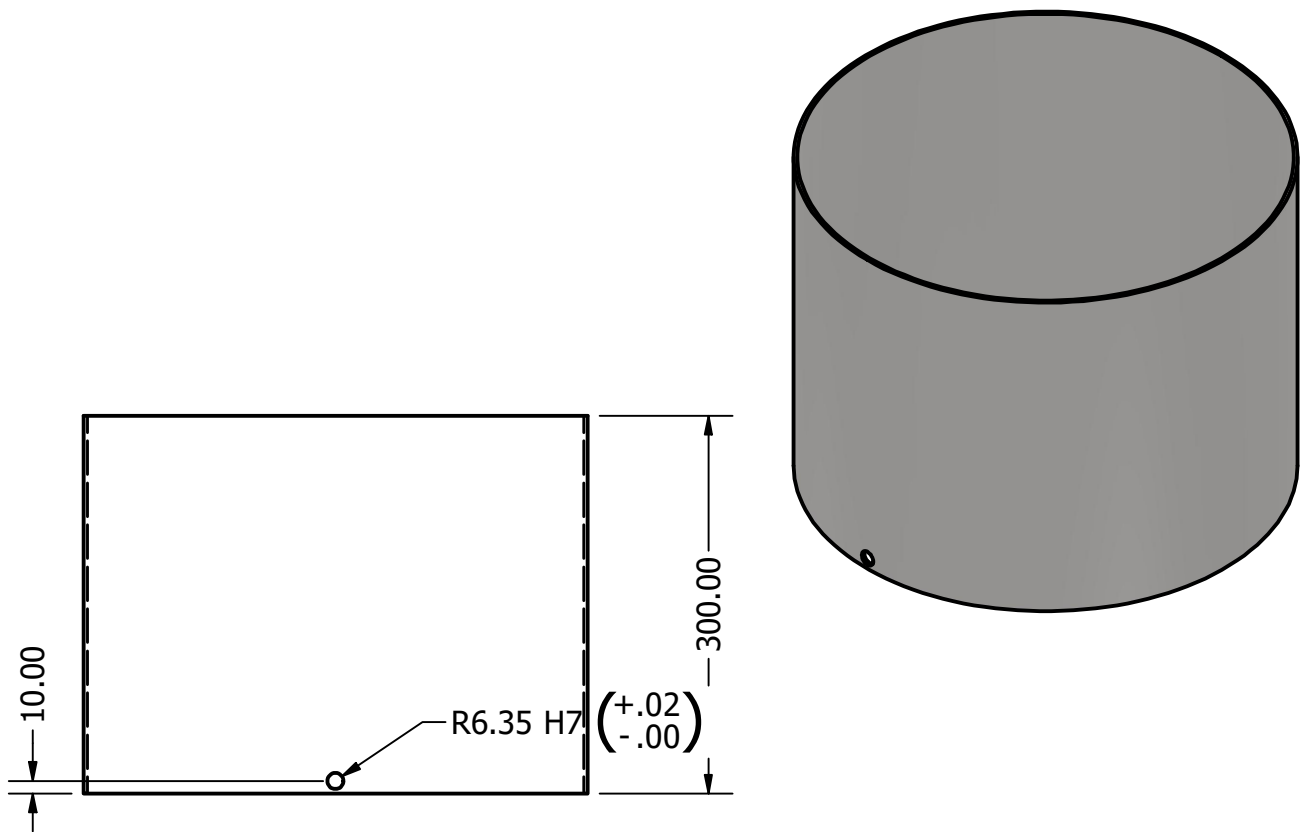


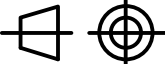

Thermal resistance box covers

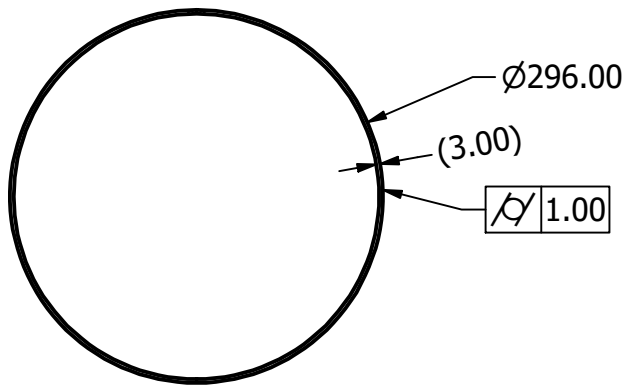
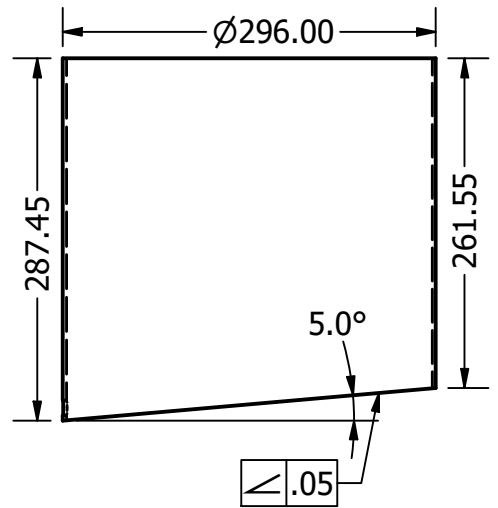
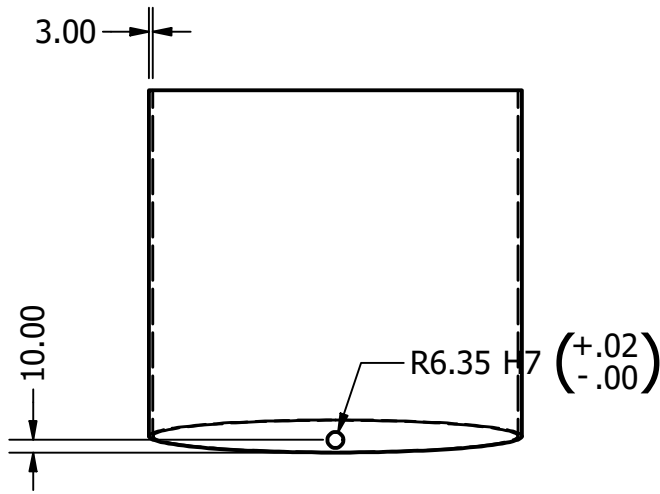
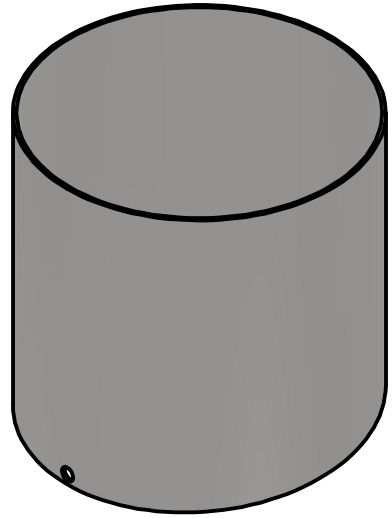


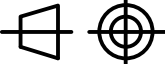

Thermal resistance box

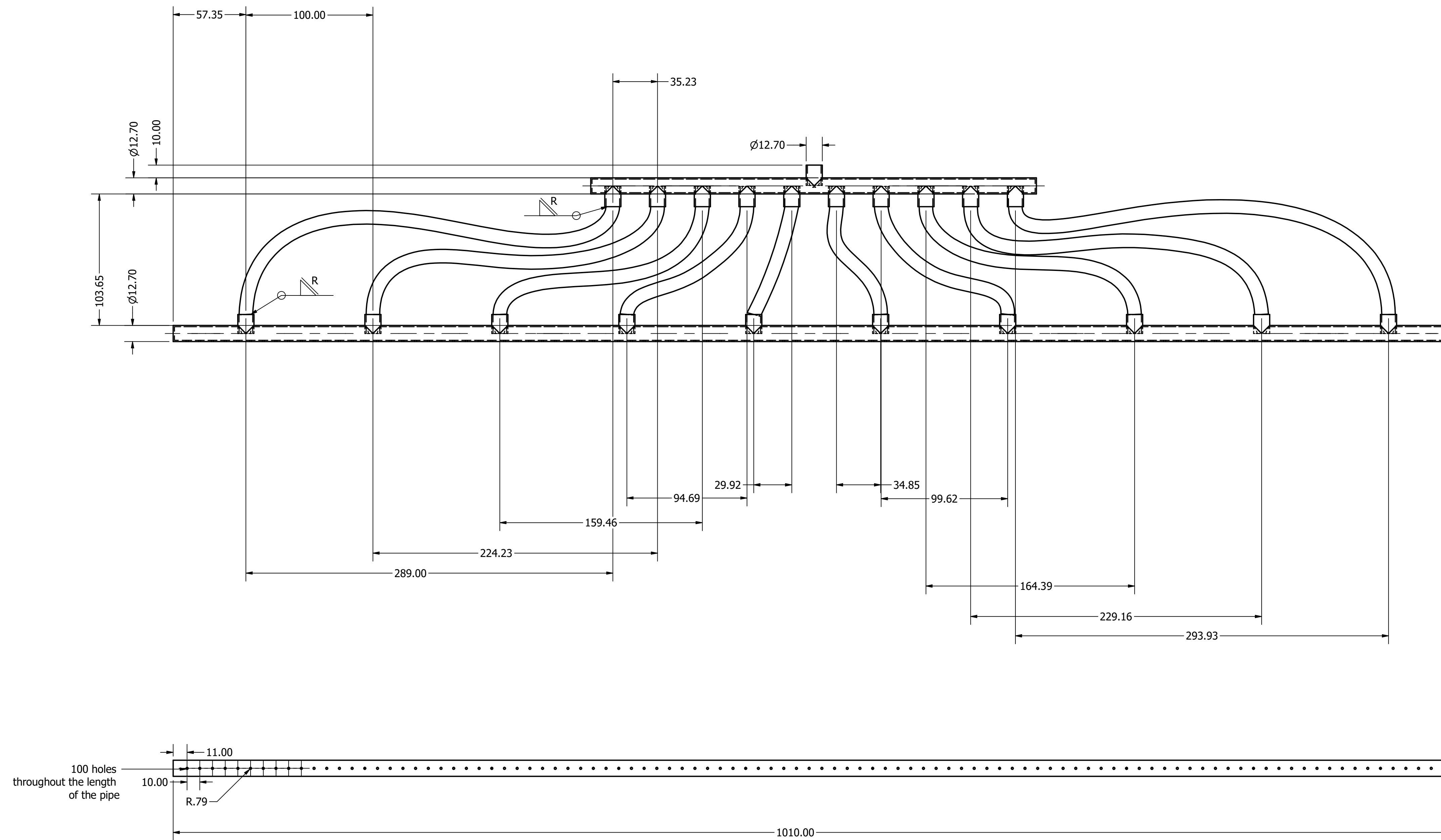
Tolerance ± 0.2 mm	Weight 8 kg	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Thermal Resistance Box and Covers	Scale
		Reference	Sheet # 1 / 10



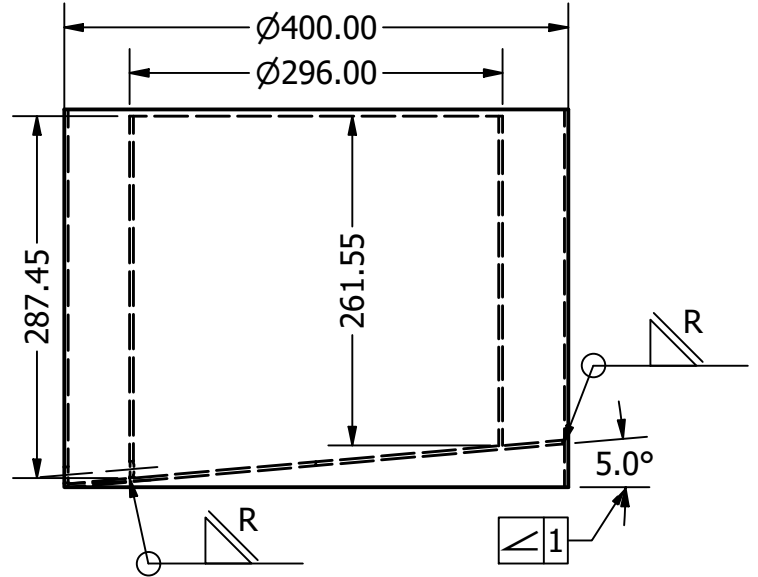
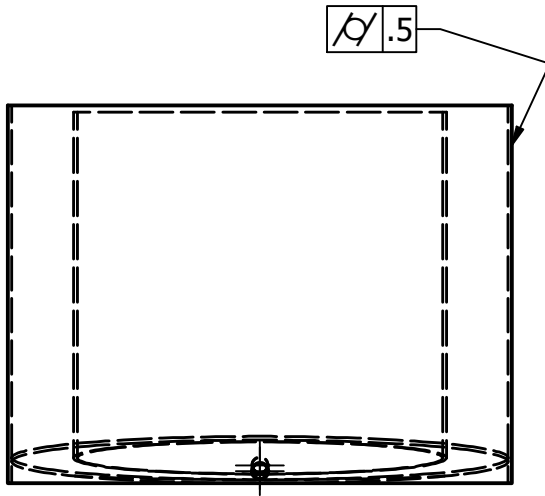
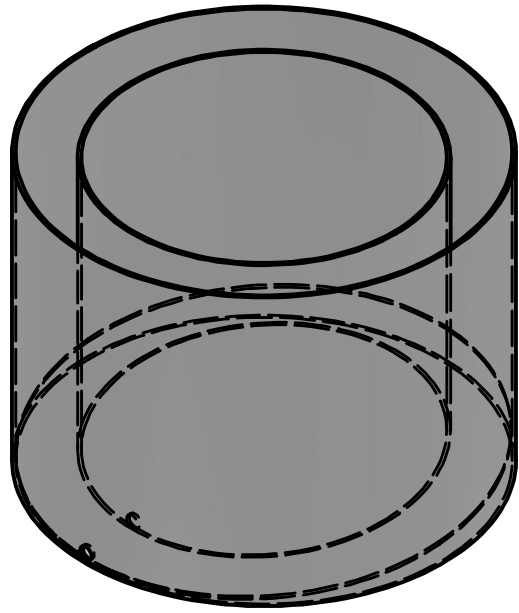
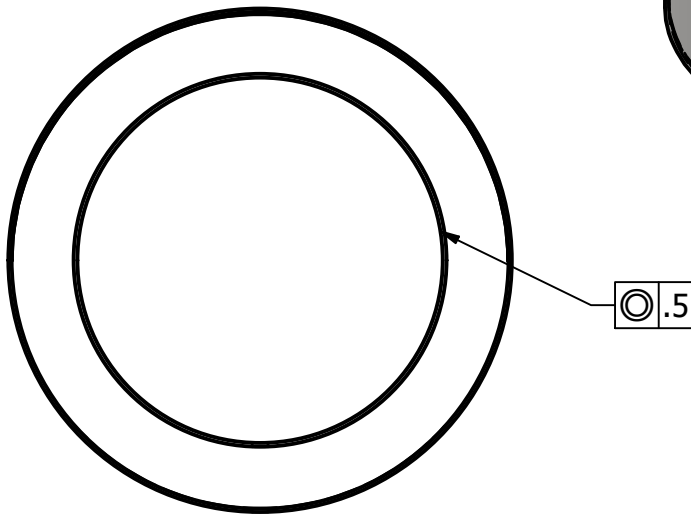
Tolerance ± 1.00	Weight	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Wax Storage Tank Outer Cylinder	Scale 1/6
		Reference	Sheet # 2 / 10



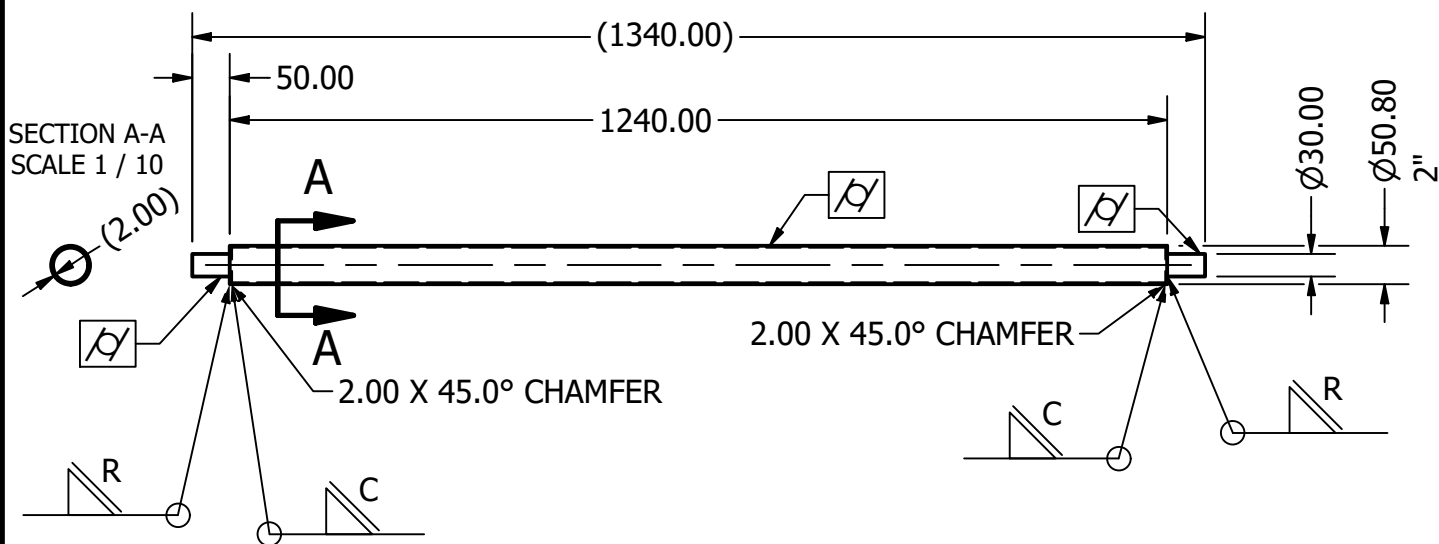
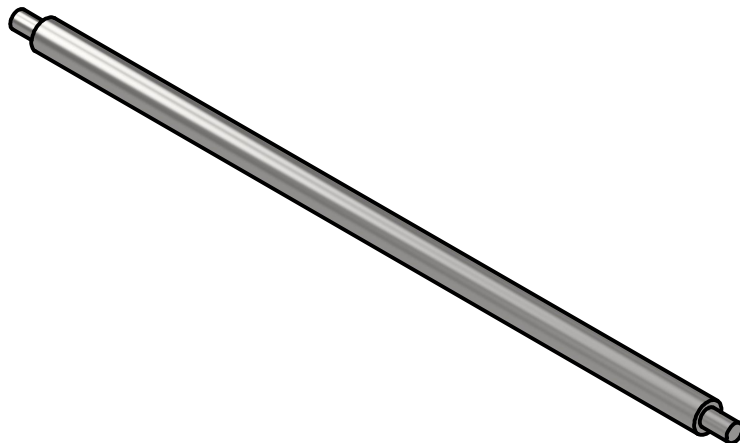
Tolerance ± 1.00	Weight 7 Kg	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Wax Storage Tank Inner Cylinder	Scale 1/6
		Reference	Sheet # 3 / 10



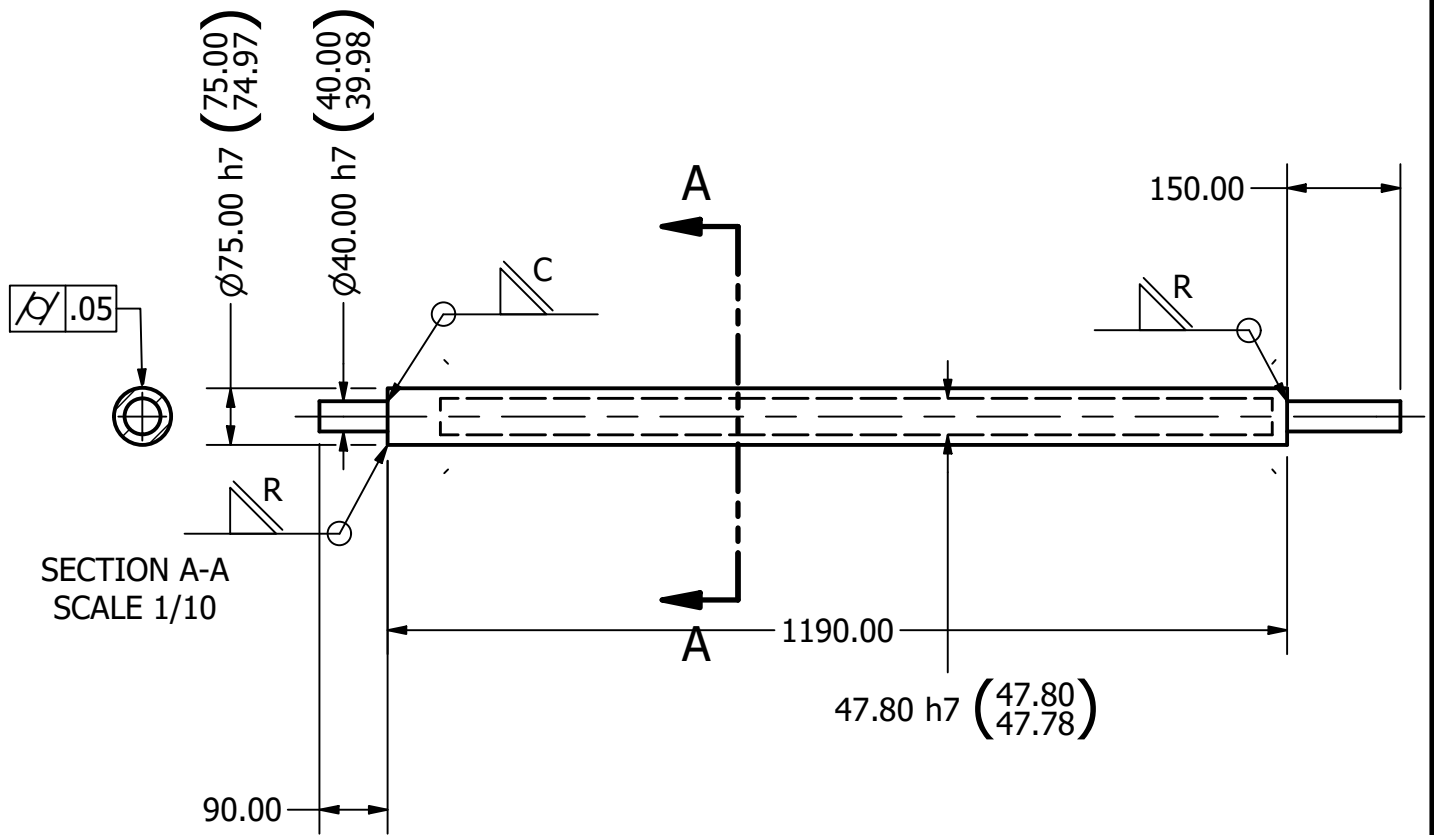
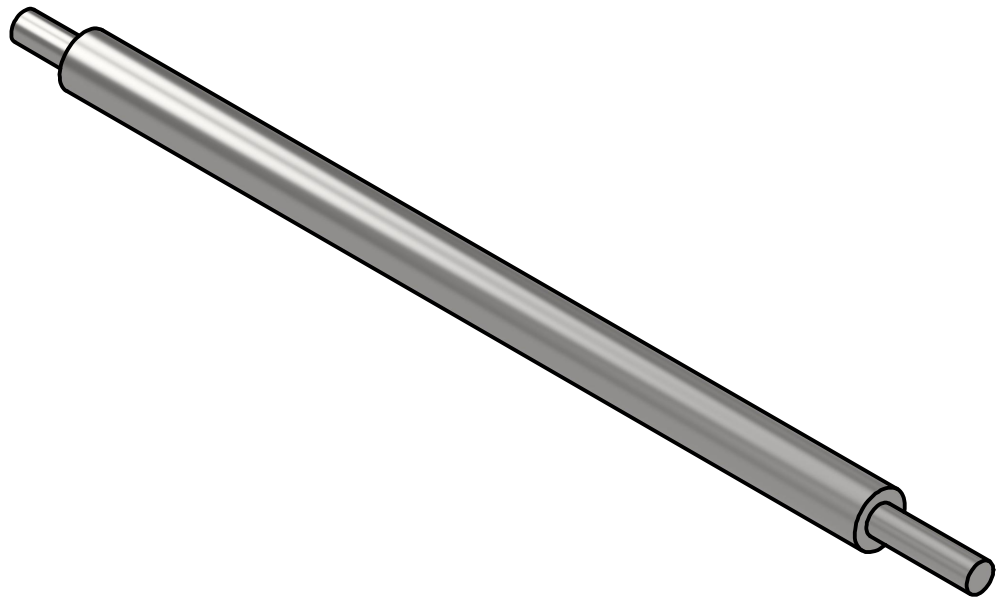
Tolerance ± 1 mm	Weight 0.8 kg	Material Cooper	
		Denomination Wax Distribution System	
		Reference	Sheet # 4 / 10



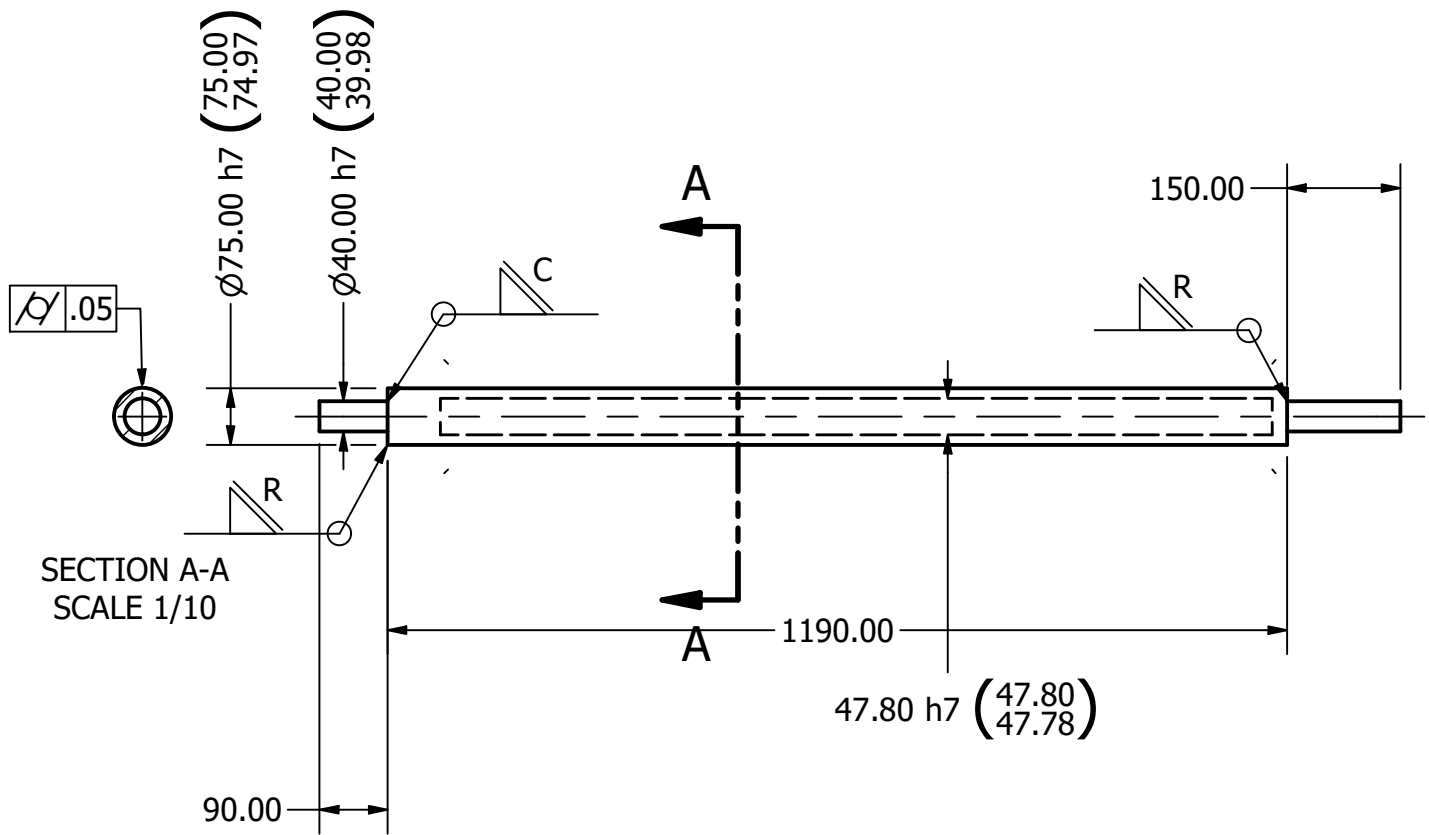
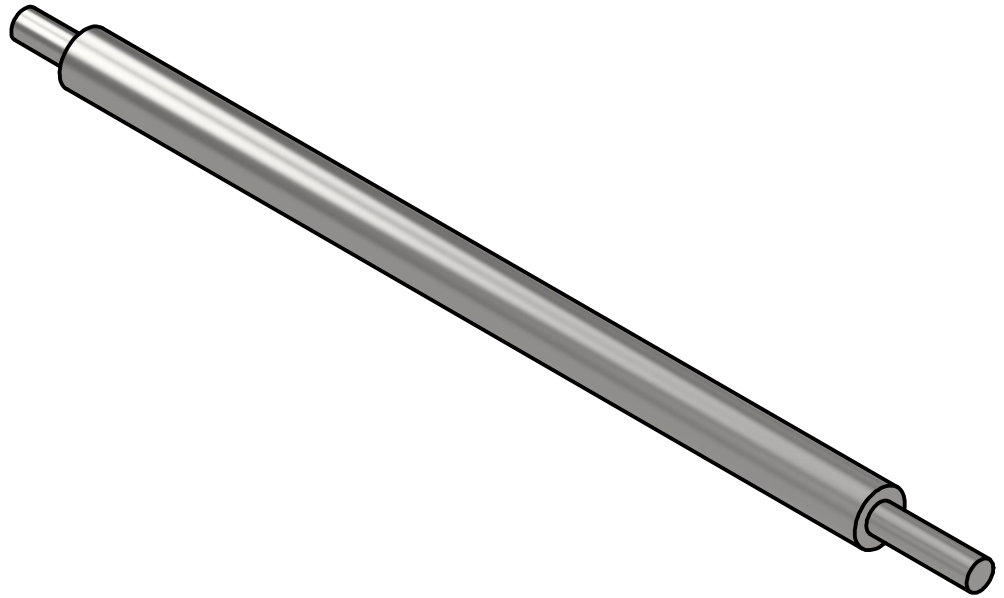
Tolerance ± 1.00	Weight	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Wax Storage Tank Assembly	Scale 1/6
		Reference	Sheet # 5 / 10



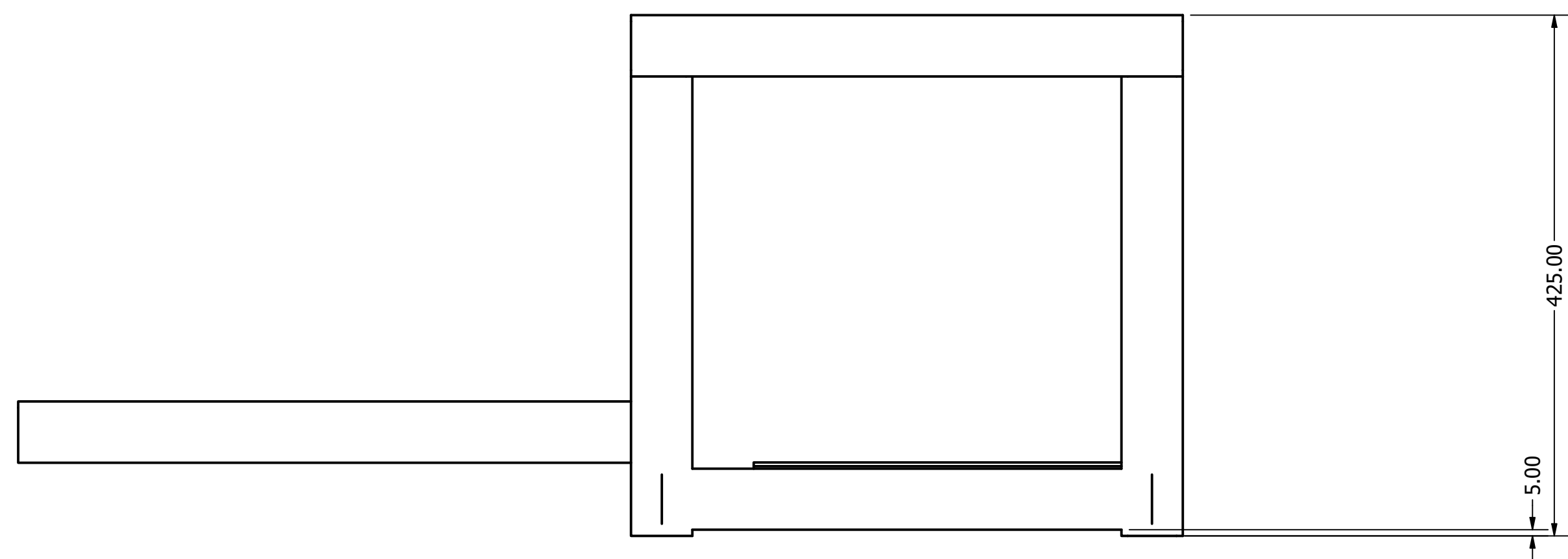
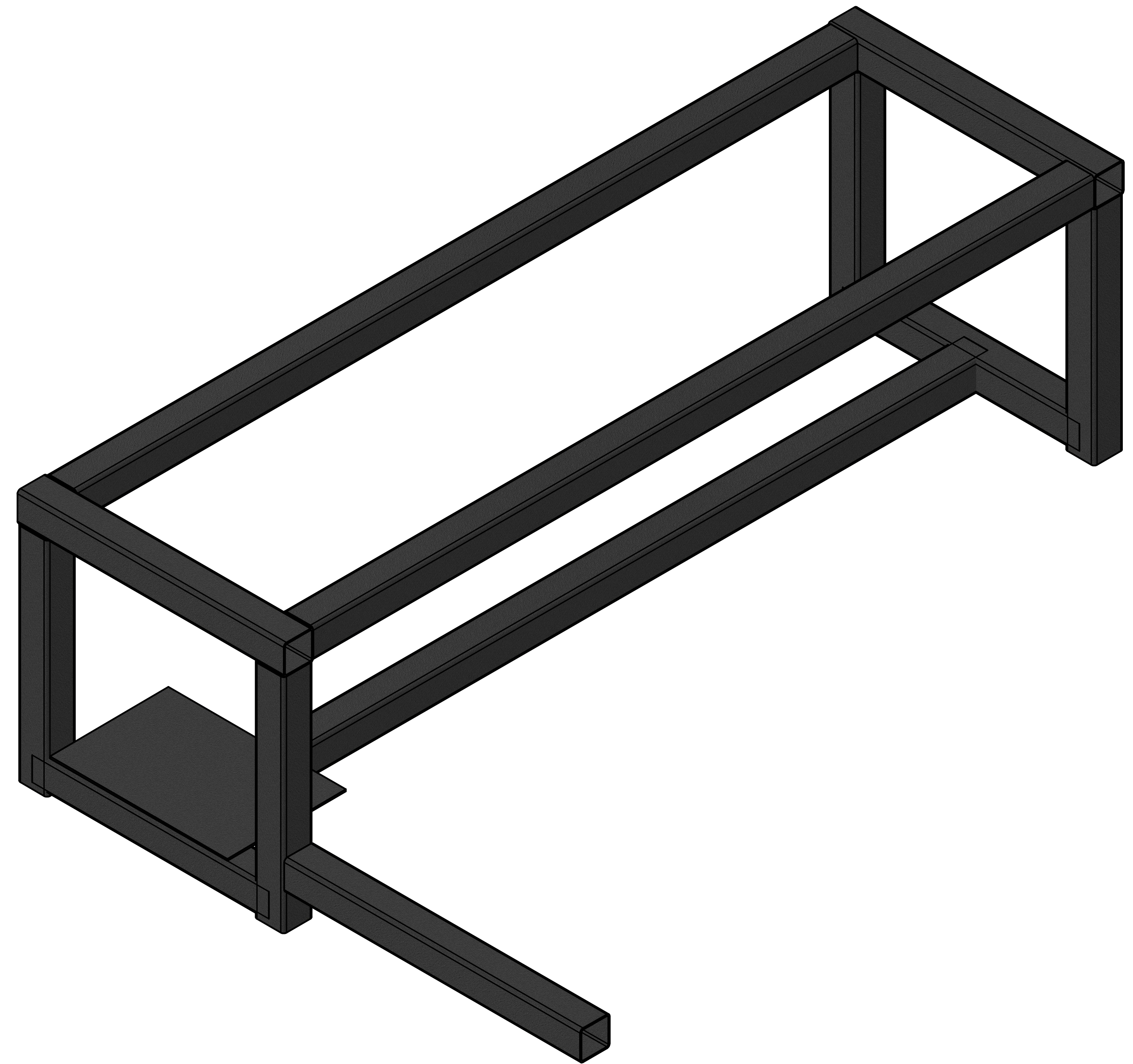
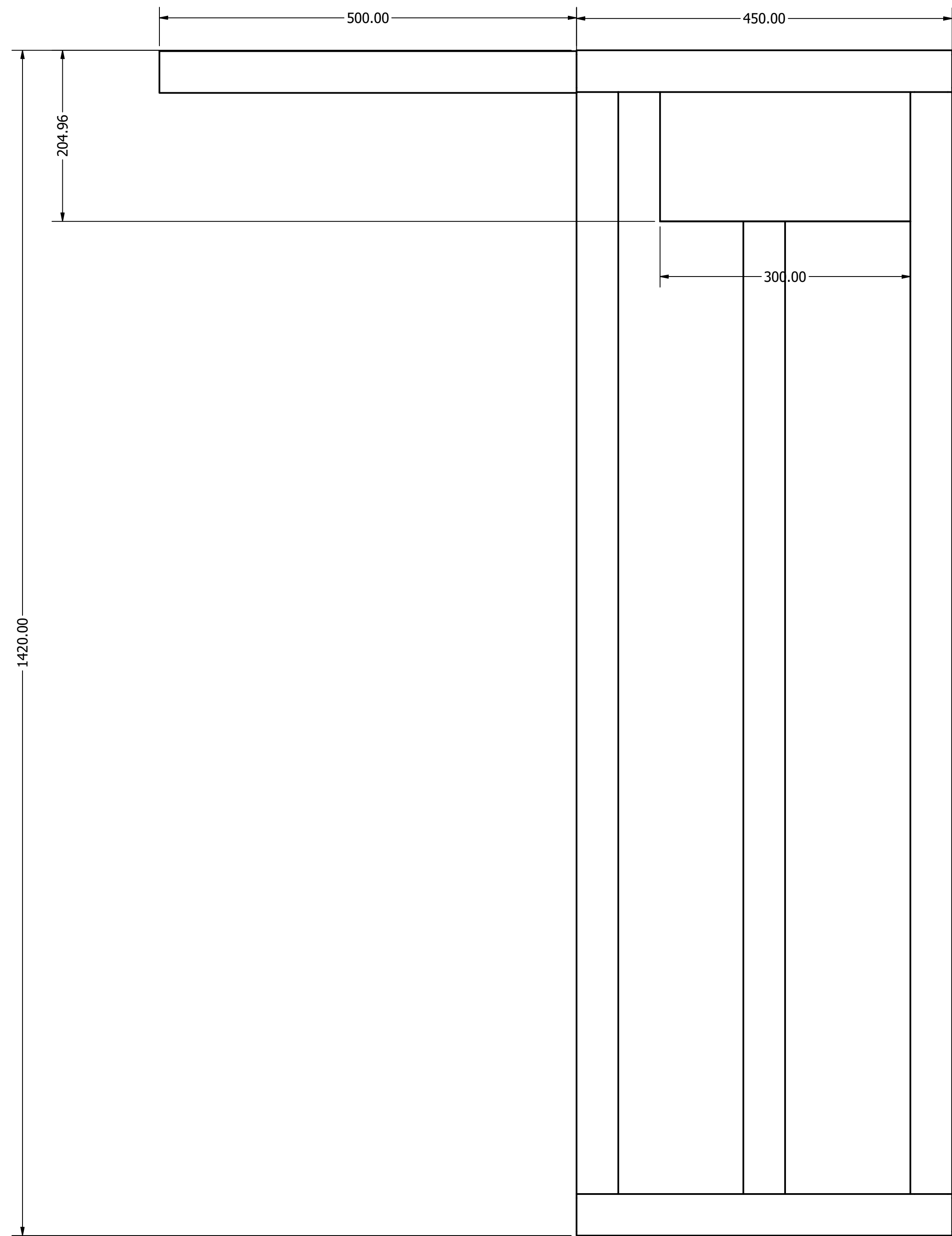
Tolerance ± 1.00	Weight 6 Kg	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Mobile Wax Uniformization Roller	Scale 1/10
		Reference	Shet # 6 / 10



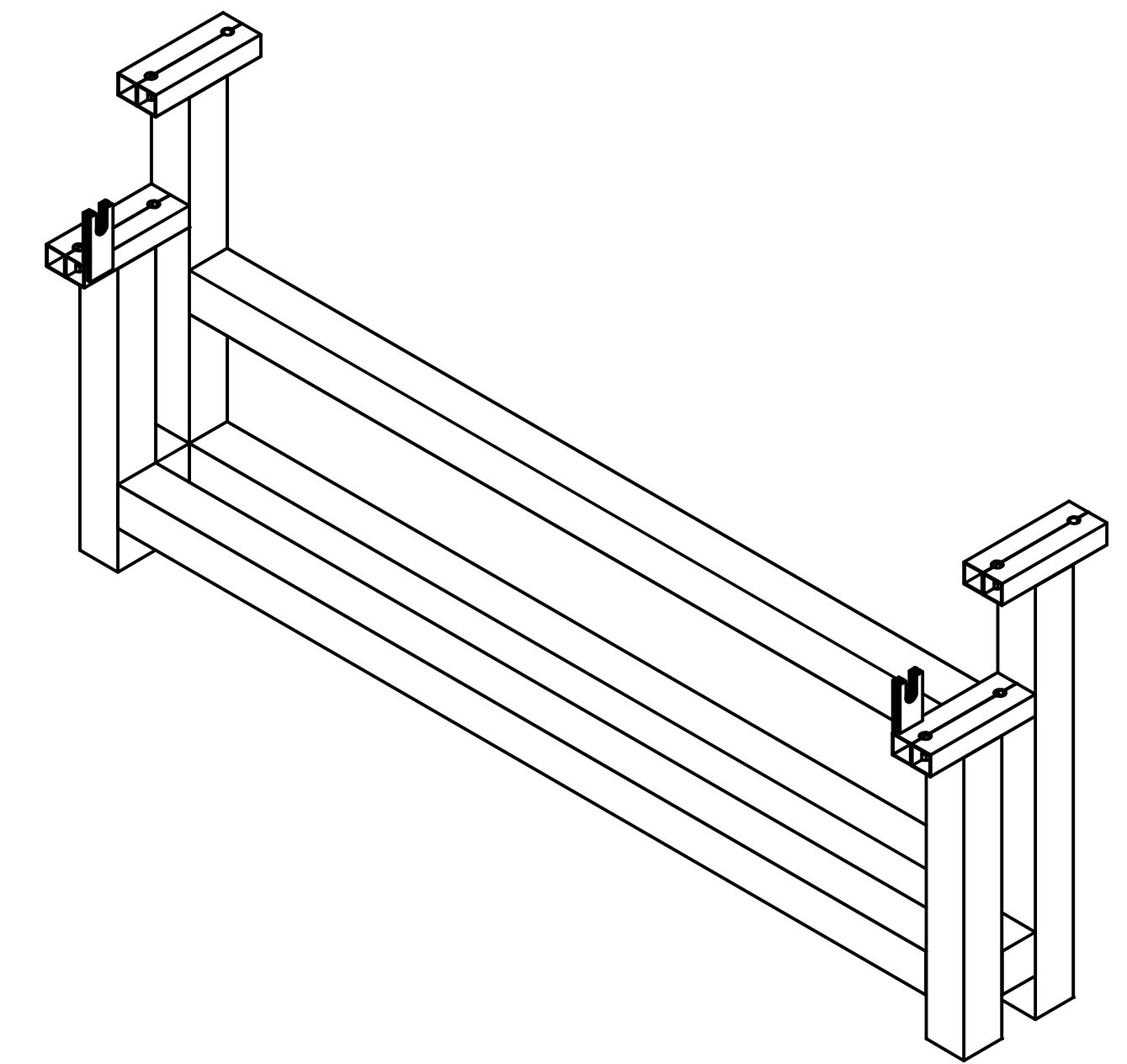
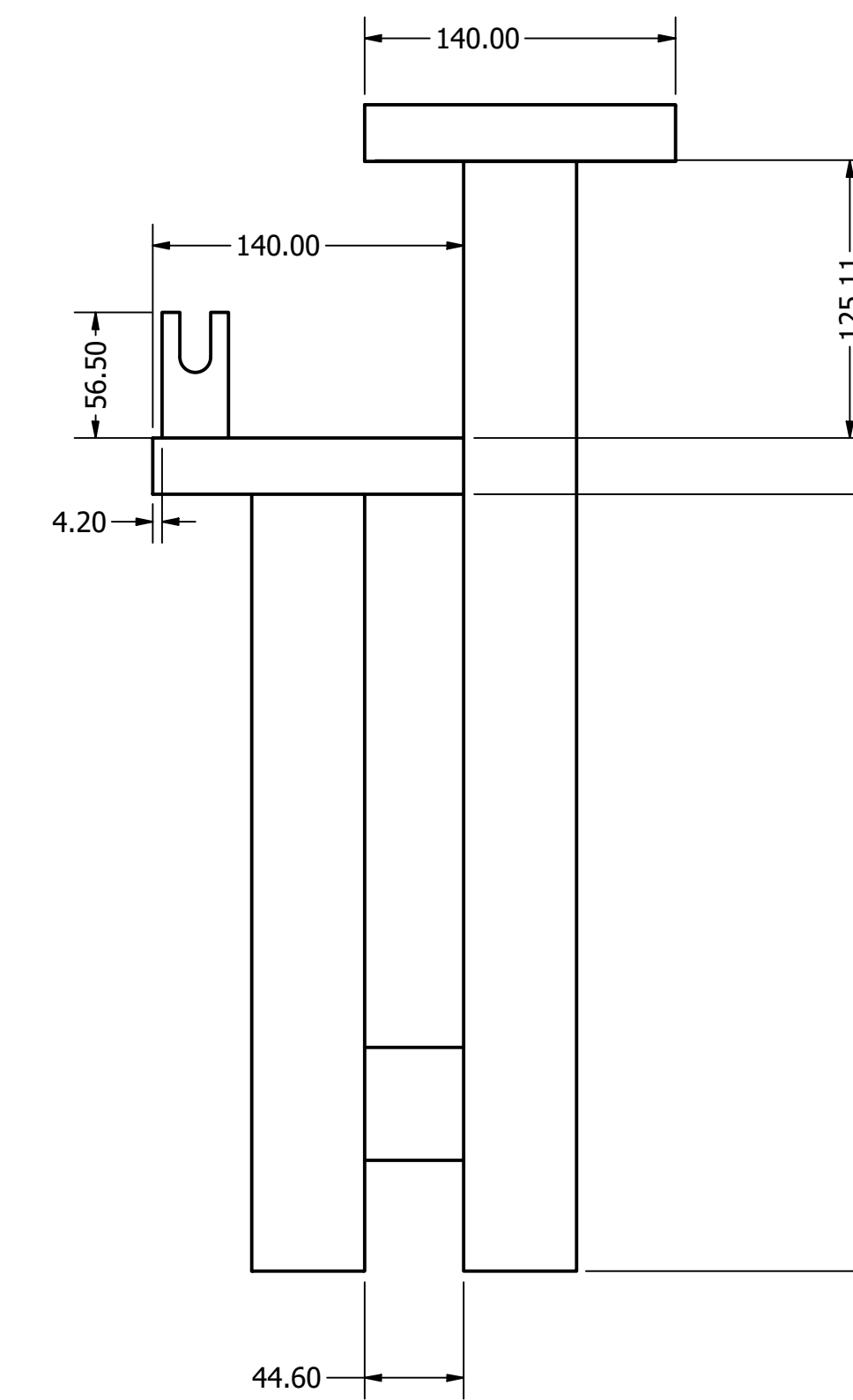
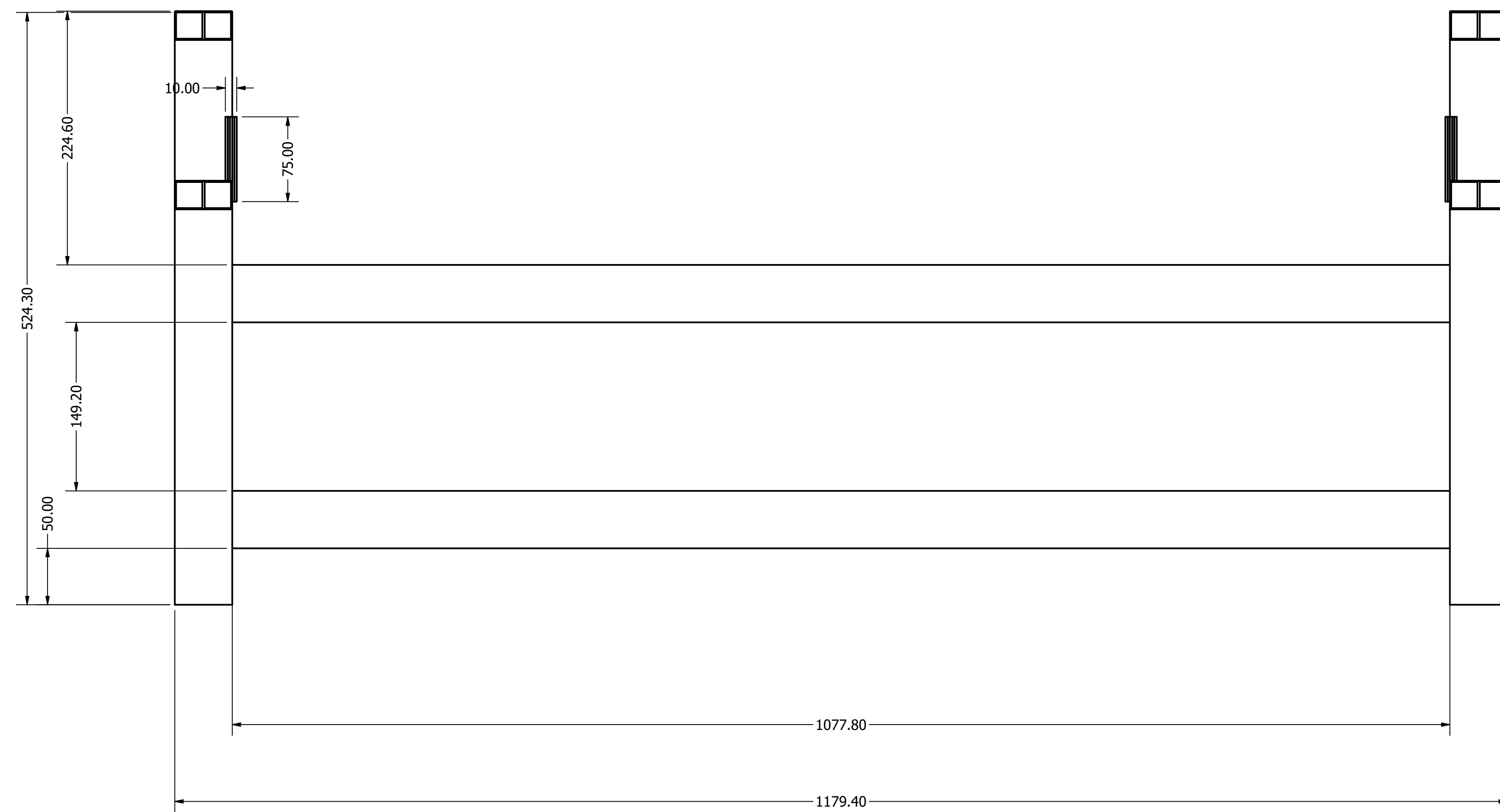
Tolerance ± 0.2	Weight	Material Structural Steel	
		Denomination Cotton Fabric Driven Roller	Scale 1/10
		Reference	Shet # 7 of 10

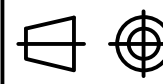



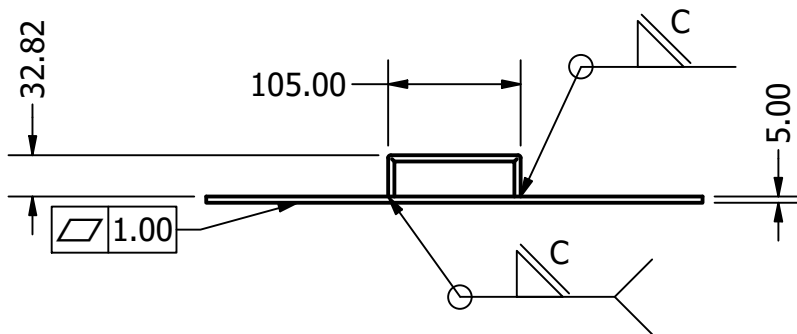
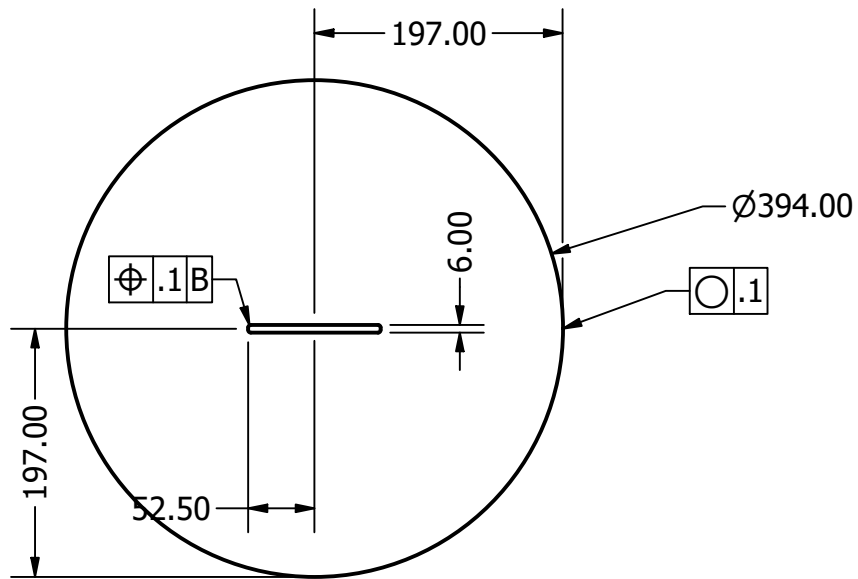
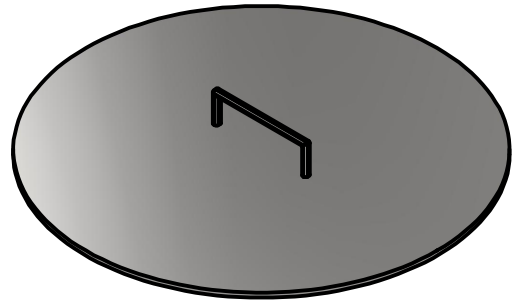
Tolerance ± 0.2	Weight	Material Structural Steel	
		Denomination Wax Uniformization Drive Roller	Scale 1/10
		Reference	Shet # 8 of 10

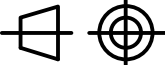



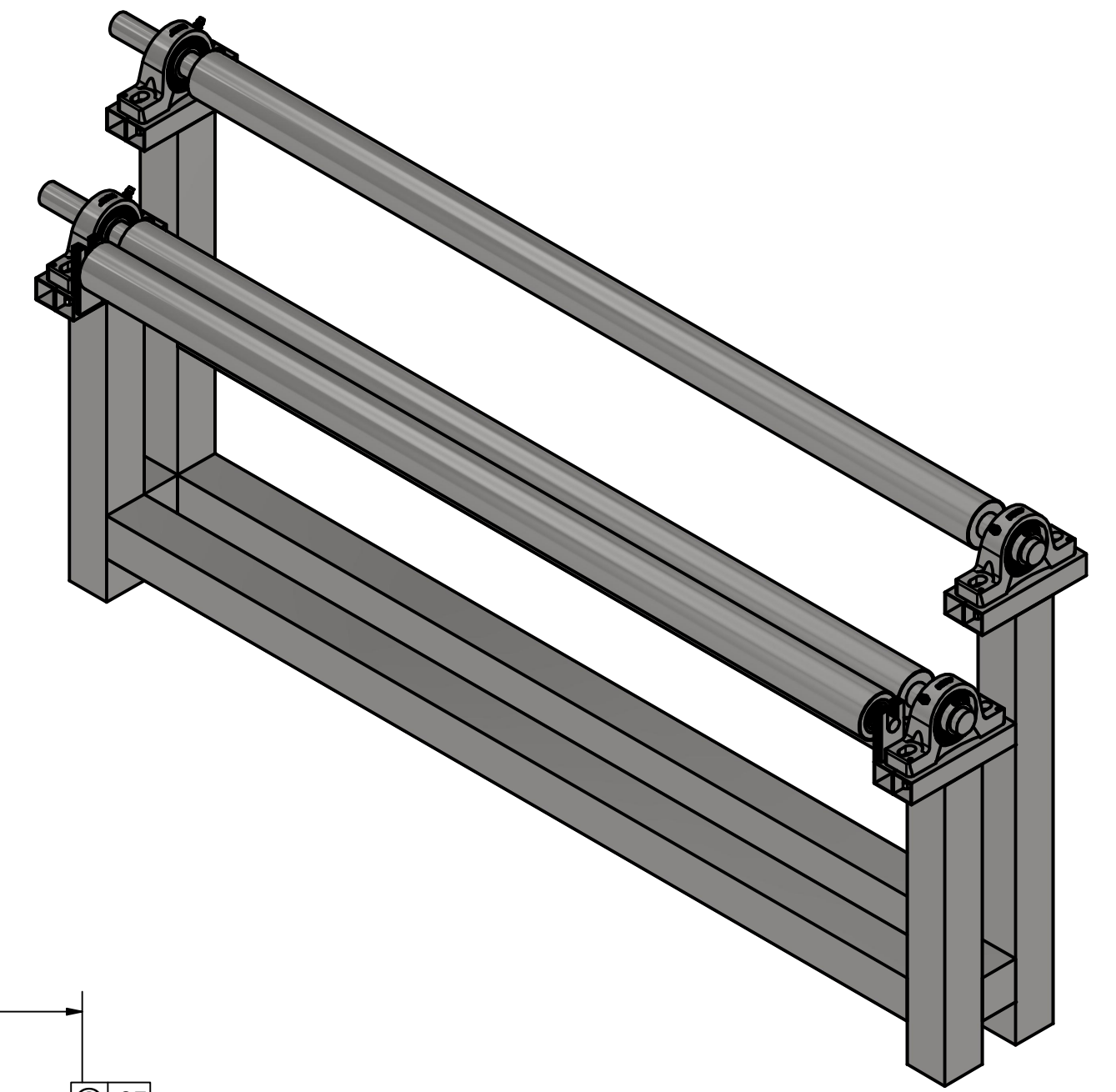
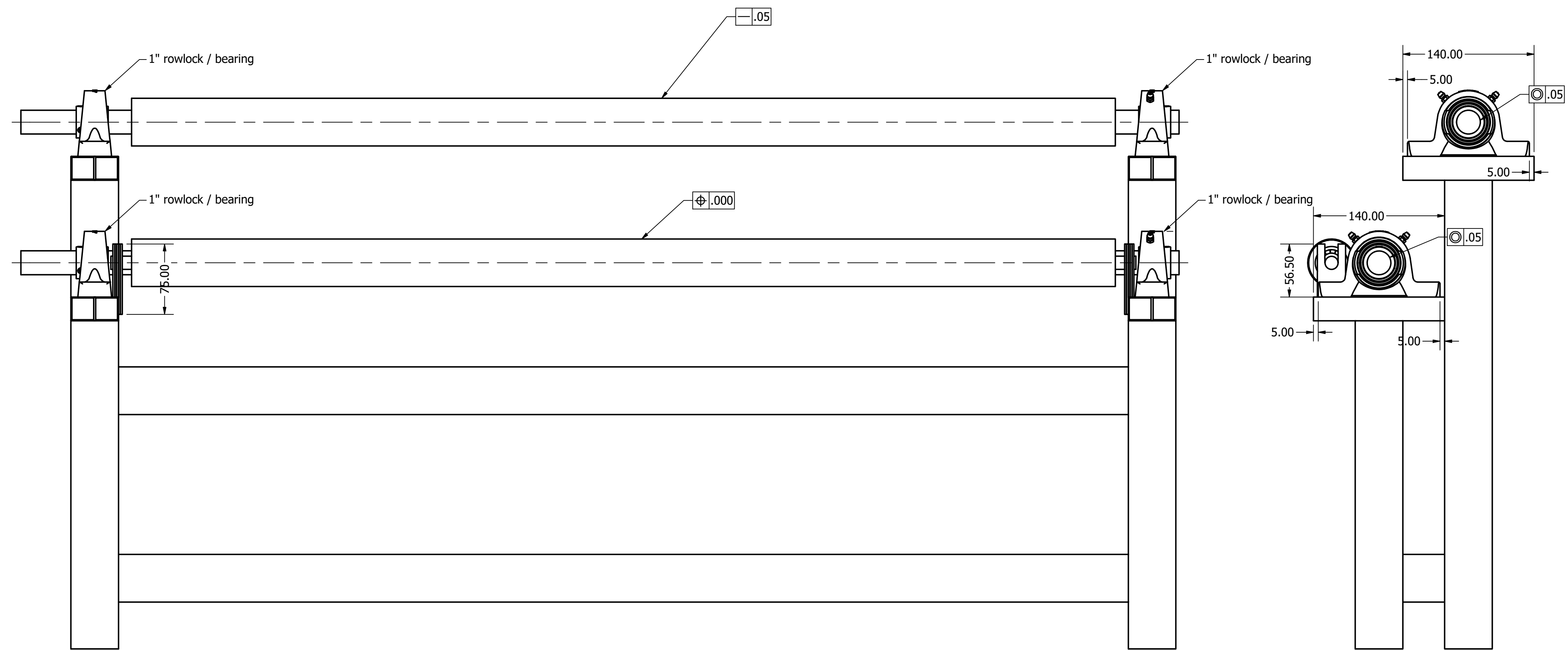
Tolerance ± 0.3 mm	Weight 8 Kg	Material Structural Steel	
		Denomination Metal Support for Wax Heating and Storage System	Scale 1/4
		Reference 2" Frames	Sheet # 9 / 10

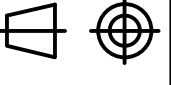



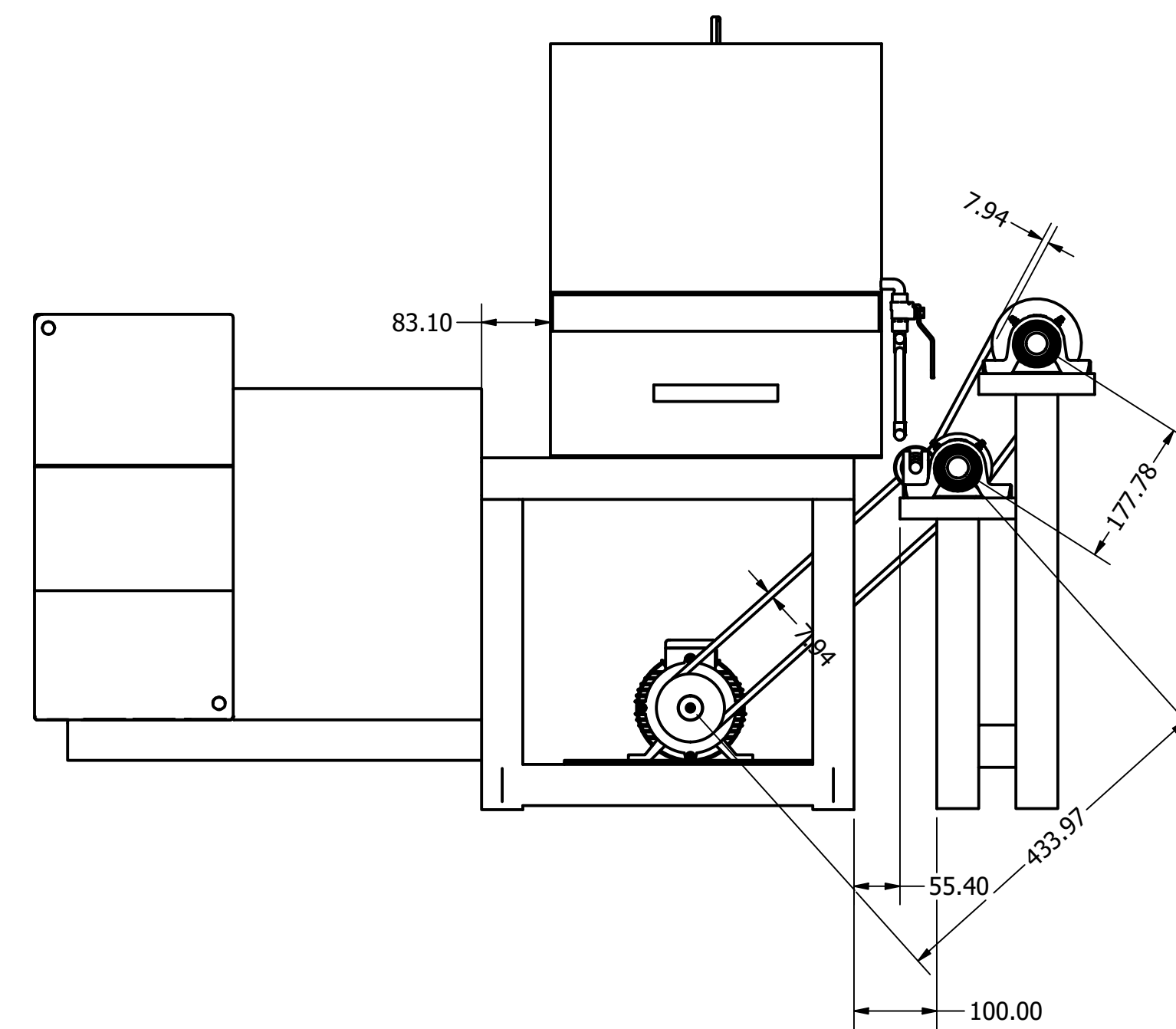
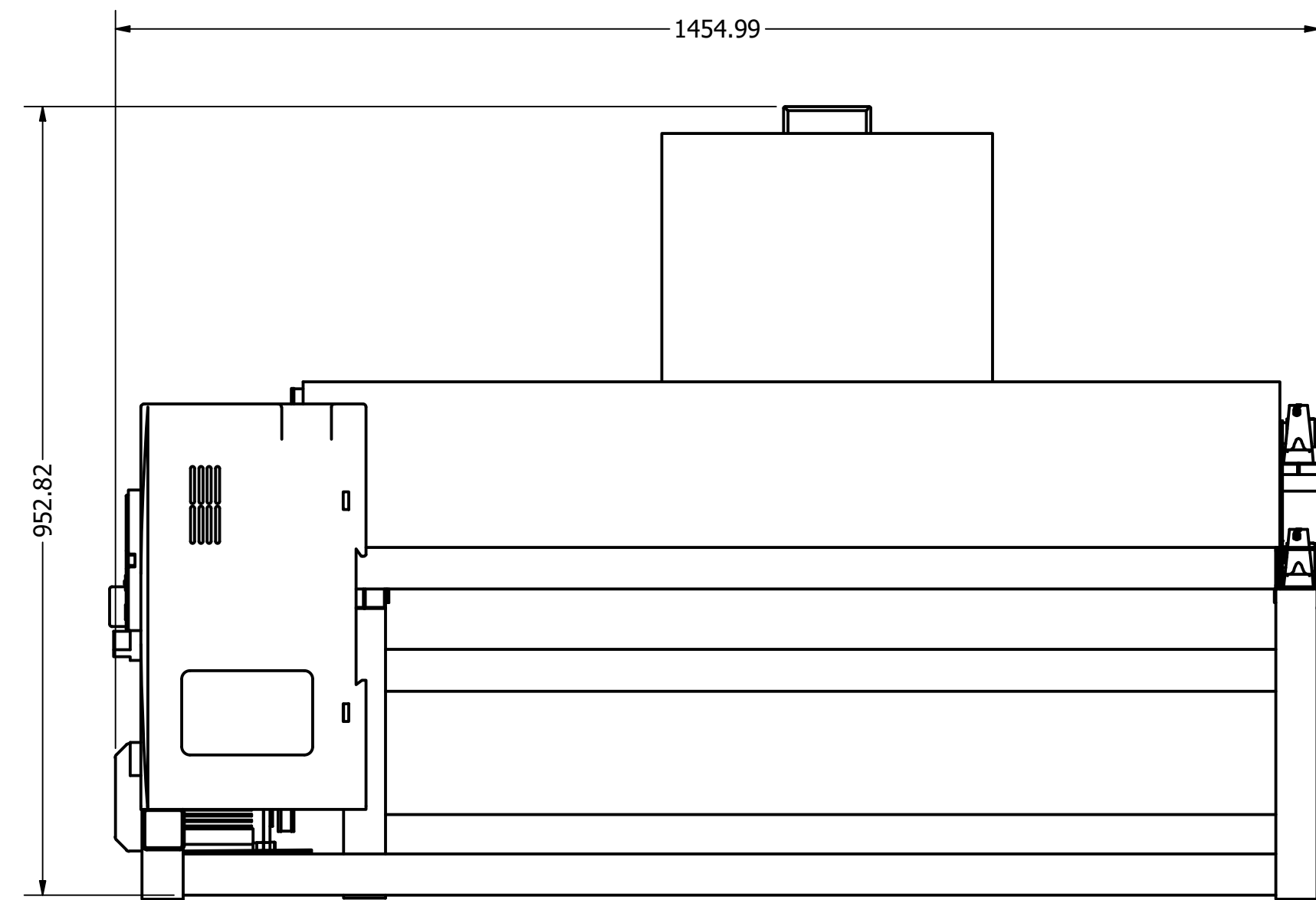
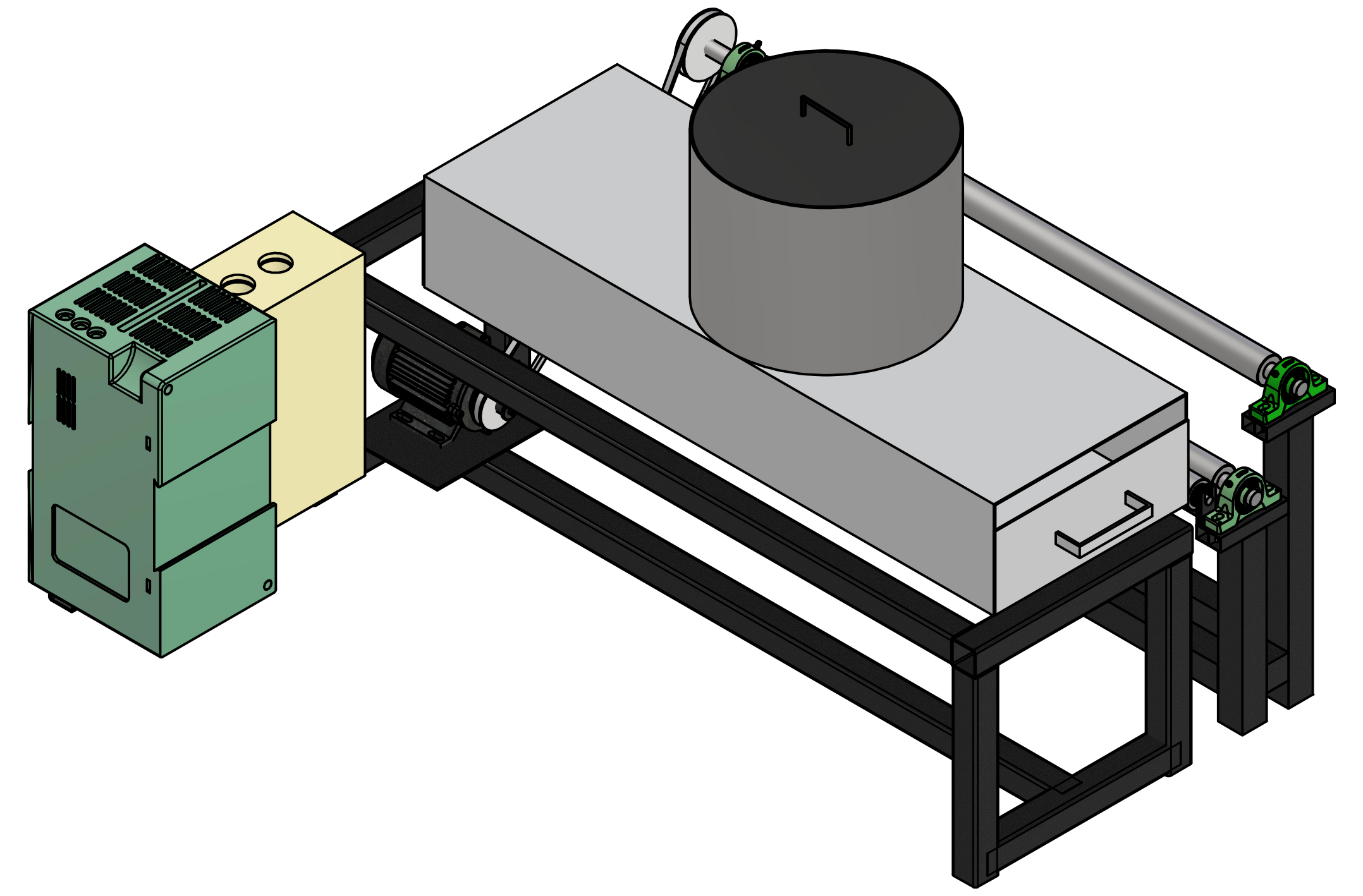
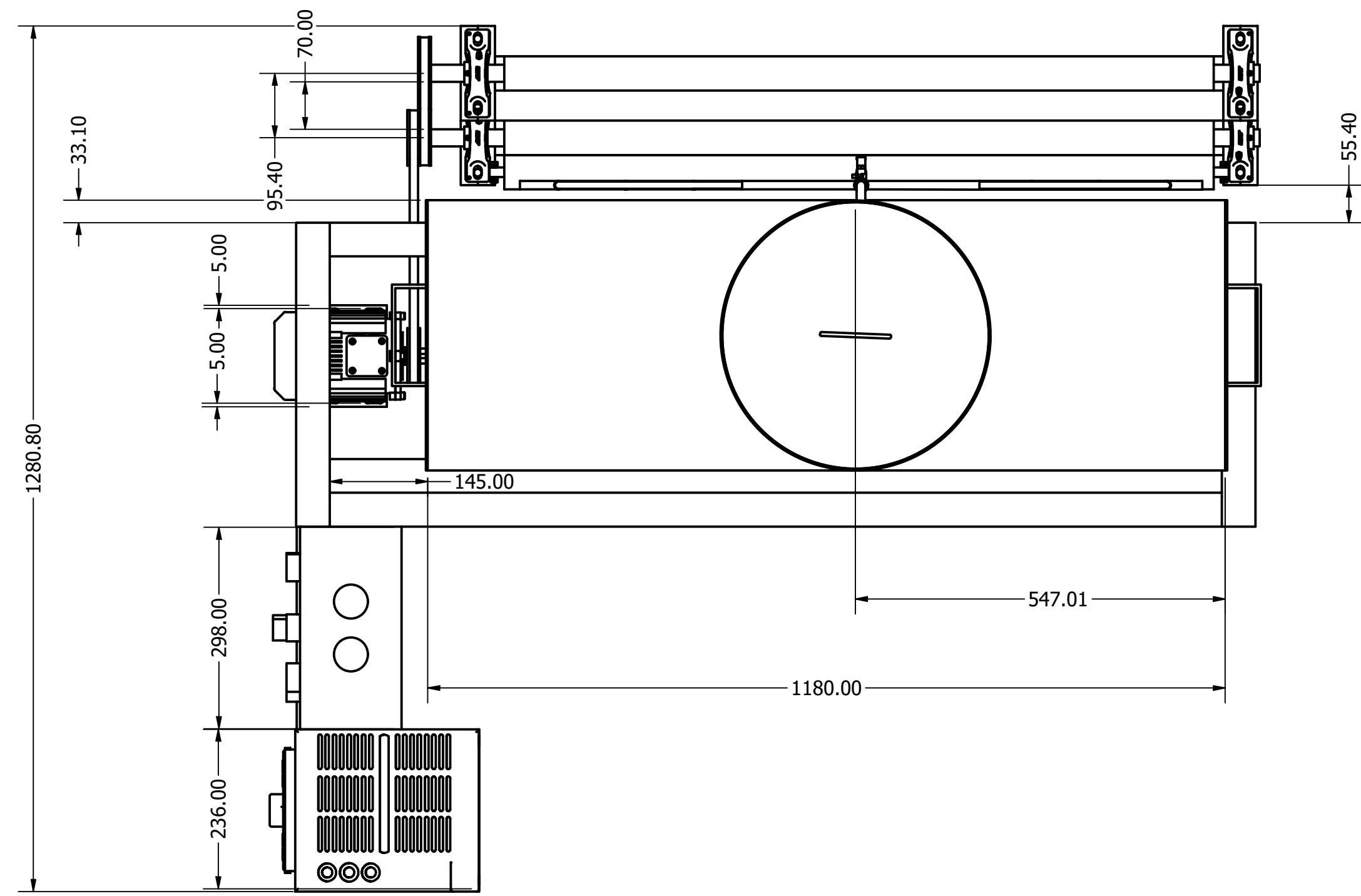
Tolerance ± 0.3 mm	Weight 5 Kg	Material Structural Steel	
		Denomination Metal Support for Impulse System with rollers	Scale 1/3
		Reference 2" Frames	Sheet # 10 / 10



Tolerance ± 2.00	Weight 1.2 Kg	Material Stainless Steel 304	
		Denomination Wax Storage Tank Lid	Scale 1/6
		Reference	Shet # 5 / 10



Tolerance ± 0.3 mm	Weight 20 Kg	Material Structural Steel / Stainless Steel 304	
		Denomination Wax Feed Structure Assembly	
		Reference 2" Frames	Sheet # 1 / 3



Tolerance ± 0.3 mm	Weight 85 Kg	Material Structural Steel / Stainless Steel 304 / Cooper	
		Denomination Automatic Fabric Waxing Machine with Beeswax Assembly	Scale 1/3
		Reference 2" Frames	Sheet # 3 / 3

B. Gestión del Proyecto

B1. Diagrama de Gantt Completo

Categorías	ACTIVIDADES	Enero		Febrero				Marzo				Abril				Mayo					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Parámetros Teóricos y Planificación	Definición del problema y lista de requerimientos técnicos		■																		
	Revisión bibliográfica del estado del arte y desafíos contemporáneos			■																	
	Introducción y lista de estándares técnicos aplicables				■																
	Alternativas de diseño					■															
Cálculos Térmicos	Planificación de cálculos, simulaciones y construcción					■															
	Cálculo de resistencias						■	■													
	Cálculo de tuberías						■	■													
Cálculos Estáticos y Dinámicos	Cálculo de bombeo						■	■													
	Cálculo de velocidades						■	■													
	Cálculos a fatiga						■	■													
Compra de Materiales	Cálculo estructural						■	■													
	Rodillos								■												
	Aspersores									■											
	Tuberías y resistencias									■											
	PLC, sensores, motores y ventiladores									■	■	■									
	Metal para la estructura									■	■	■									
Construcción y Ensamble de Subsistemas	Varios									■	■	■									
	Mecanismo de alimentación y aplicación de cera									■	■	■	■								
	Reservorio de cera									■	■	■	■								
	Mecanismo de alimentación de tela									■	■	■	■								
	Sistema de calentamiento										■										
	Sistema de control											■									
Pruebas de Funcionamiento	Sistema de enfriamiento											■									
	Estructura de apoyo												■								
	Temperatura de funcionamiento												■								
	Viscosidad de la cera												■	■							
	Consumo energético													■							
Presentaciones y Portafolio	Espesores de tela obtenidos												■	■							
	Emisiones de vapores												■	■							
	Velocidades de producción													■	■						
	Presentación en feria de ingenierías														■	■					
Presentaciones y Portafolio	Manual de uso														■	■					
	Manual de mantenimiento															■	■				
	Defensa final																■	■			
	Portafolio final																	■	■		

Estados

- Completo
- Incompleto
- No iniciado

B2. Presupuesto y Reporte de Gastos

Presupuesto Máquina de Encerado de Telas						
DETALLE	P. Unitario	Cantidad	P. T. + IVA	Pagos	Observaciones	
tubo inox. C40 11/2x1100	\$ 35.58	3.33	\$ 122.65		PAGADO POR RODRIGO	
chumacera de piso 205-16	\$ 6.14	4	\$ 24.01			
acero de transmision 1018 1x500	\$ 10.23	0.5	\$ 5.29			
acero de transmision 1018 2x50	\$ 40.93	0.22	\$ 9.51			
electrodos de inoxidable	\$ 25.58	0.5	\$ 13.24			
polea de aluminio 2x3	\$ 6.14	1	\$ 6.00			
polea de aluminio 1x4	\$ 4.10	1	\$ 4.01			
platina negra 6x50	\$ 6.16	1.61	\$ 10.26	\$ 194.96		
T. cuadros de acero 50x2	\$ 23.35	2	\$ 48.33	\$ 48.33	PAGADO POR JUAN	
pernos 5/16 x 3/2	\$ 0.30	4	\$ 1.38		PAGADO POR RODRIGO	
pernos 1/2 x 1/2	\$ 0.50	4	\$ 4.60			
arandelas de presion	\$ 0.08	8	\$ 0.74	\$ 6.72		
Plancha de Acero Inox.	\$ 249.44	1	\$ 249.44	\$ 249.44	PAGADO POR JUAN	
Chavetas	\$ 1.00	2	\$ 2.00	\$ 2.00		
Neplo Inox Hexad 1/4	\$ 1.53	1	\$ 1.50			
Neplo Inox 1/4X4	\$ 2.63	1	\$ 2.56			
Codo Inox Roscado 1/4X90	\$ 2.03	1	\$ 1.98			
Perno Inox 1/4X1	\$ 0.18	12	\$ 2.42			
Tuerca Inox 1/4	\$ 0.08	12	\$ 1.08			
Perno Negro 3/8X1	\$ 0.23	4	\$ 1.03			
Tuerca Negra 3/8	\$ 0.09	4	\$ 0.41			
Broca Cobalto 1/4	\$ 5.12	1	\$ 5.00			
Electrodo Inox UTP 308 3/32	\$ 25.58	1	\$ 25.00	\$ 40.99		
Banda A23	\$ 2.55	1	\$ 2.49	\$ 2.49		
MT Cañeria 3/8" Cobre	\$ 2.72	8	\$ 25.06			
Tee Cobre SO-SO 3/8-1/4"	\$ 1.22	25	\$ 35.11			
Soldadura de Estaño 95%	\$ 23.20	0.5	\$ 13.34			
Decapante Griffon 80 ML	\$ 9.65	1	\$ 11.10			
Abrazadera Cobre doble ala 1/2"	\$ 0.33	3	\$ 1.12			
Pasta Soldadura 100 Gr	\$ 1.12	1	\$ 1.29			
Valvula Esfera PN25 1/4"	\$ 3.68	1	\$ 4.24			
Terminal Macho Cobre 3/8-1/4"	\$ 2.85	2	\$ 6.55			
Terminal Hembra Cobre 1/4"	\$ 2.15	1	\$ 2.48	\$ 100.28		
Resistencias Térmicas	\$ 65.40	3	\$ 196.20			
Termostato	\$ 50.00	1	\$ 50.00	\$ 246.20		
Mano de obra	\$ 600.00	1	\$ 600.00	\$ 600.00		
Motor + variador + contactores	\$ 280.00	1	\$ 280.00	\$ 280.00		PAGADO POR JUAN

PRESUPUESTO TOTAL	\$ 1,771.42
TOTAL PAGOS	\$ 1,771.42
POR CUBRIR	\$ -

PRESUPUESTO USFQ	\$ 400.00
PRESUPUESTO MARIA S. GABELA	\$ 1,371.42

B3. Manual de Operaciones y Mantenimiento

2
0
2
4

MÁQUINA DE ENCERADO AUTOMÁTICO
DE TELAS CON CERA DE ABEJAS

MANUAL

DE OPERACIONES

Y MANTENIMIENTO

RC
JV
USFQ

TABLA DE CONTENIDO

● 01	Glosario de Términos Técnicos	Página 3
● 02	Introducción	Página 4
	Propósito del Manual	Página 4
	Objetivos	Página 4
	Alcance	Página 4
	Descripción de la Máquina	Página 4
	Información de Seguridad	Página 5
● 03	Especificaciones Técnicas	Página 6
	Capacidades de Producción	Página 6
	Requerimientos Energéticos	Página 6
	Dimensiones	Página 7
	Partes	Página 7
	Materiales de Construcción	Página 8
● 04	Instalación	Página 9
	Preparación del Sitio	Página 9
	Proceso de Instalación	Página 9
	Verificaciones Iniciales	Página 9
● 05	Operación	Página 10
	Preparación para el Uso	Página 10
	Instrucciones de Uso	Página 10
	Ajustes y Configuraciones	Página 10
● 06	Mantenimiento	Página 11
	Limpieza y Cuidados	Página 11
	Programa de Mantenimiento Preventivo	Página 11
	Solución de Problemas	Página 11

Glosario de Términos Técnicos

- **Dosificación:** Determinación de la dosis necesaria para un fin específico.
- **Fluido:** Sustancia que se deforma (fluye) y llena el volumen de un recipiente.
- **Sólido:** Cuerpo rígido que mantiene su forma.
- **Resistencia Térmica:** Elemento que disipa calor y aumenta la temperatura de un sistema.
- **Reservorio:** Sitio de almacenamiento de un fluido o material sólido.
- **Rodillo:** Cilindro pesado utilizado para allanar o uniformizar un sólido o fluido.
- **Tubería:** Espacio por el que se mueve un fluido en una trayectoria previamente establecida.
- **Tenacidad:** Capacidad de absorción de energía de un material.



Introducción

Propósito del Manual

Este manual ha sido realizado para poder guiar al operador en el funcionamiento de la máquina de encerado de telas para fines alimenticios.

Objetivos

- Guiar al operador en el uso y funcionamiento de la máquina.
- Ofrecer soluciones a posibles problemas que pueden producirse al momento de la puesta en marcha y uso de la máquina.
- Enseñar al operador los planos y dimensiones de la máquina para que se familiarice con sus partes, accesorios, tamaños y producción de la máquina.
- Guiar al operador sobre la instalación, operación y mantenimiento de esta máquina.

Alcance

Este documento tiene como finalidad enseñarle al usuario el funcionamiento de la máquina de encerado de telas para producir empaques de tela encerada con fines alimenticios.

En el documento se explican las especificaciones técnicas, proceso de instalación, instrucciones de operación y procedimiento de mantenimiento de la máquina de encerado de telas.

También se describen posibles dificultades que pueden suceder en la operación, mantenimiento y funcionamiento de la máquina, y a su vez la forma de contrarrestar estos riesgos técnicos y de uso.

Descripción de la Máquina

La máquina de encerado de telas es una serie de sistemas usados para encerar telas de algodón con cera de abejas. El proceso se realiza desde un reservorio de cera de abejas que será calentado con resistencias térmicas para diluir la cera y calentar la atmósfera interior del sistema. Esta cera diluida se dosifica sobre la tela por medio de cañerías sobre dos rodillos que giran simultáneamente y uniformizan la cera sobre la tela.

La tela será dosificada desde un rodillo que girará a una velocidad menor que los rodillos de uniformización.

Información de Seguridad



Riesgo de atrapamiento: Esta máquina funciona con rodillos con una pequeña distancia entre ellos, por ende, evitar ingresar dedos, ropa u artefactos extraños entre estos ya que, aparte de desalinearlos y dañarlos, existe el riesgo de atrapamiento, por ende, puede causar daños al operador.



Riesgo de quemaduras: Evite tocar directamente las resistencias térmicas del sistema y la caja en donde se encuentran. El contacto directo con la piel puede producir quemaduras hasta de segundo grado, dependiendo del tiempo de exposición.



Por otro lado, se recomienda evitar el contacto con el fluido caliente con las manos u otras partes del cuerpo, la máquina funciona con cera caliente y es recomendable mantener las debidas precauciones para evitar quemaduras en la piel.



Riesgo eléctrico: Existe el riesgo de electrocución durante la manipulación de la caja de conexiones eléctricas y las conexiones del motor y las resistencias eléctricas de la máquina. Se recomienda que la manipulación de estas zonas del sistema sea realizada por personal calificado.

Especificaciones Técnicas

Capacidades de Producción

En condiciones óptimas, este equipo puede producir 200 metros de tela encerada en 50 minutos. Esta velocidad se puede regular para reducir los tiempos de producción a partir de la velocidad del motor.

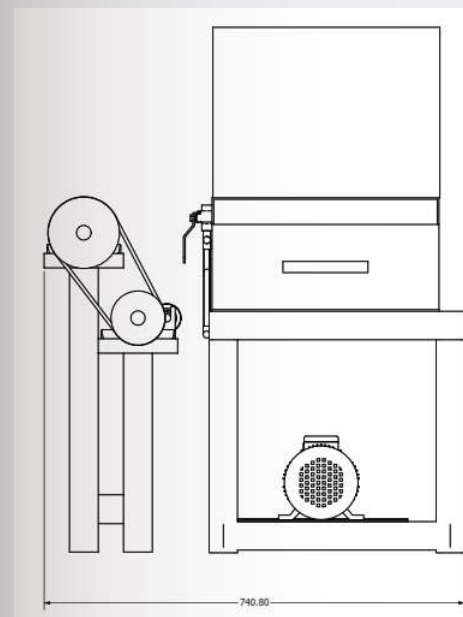
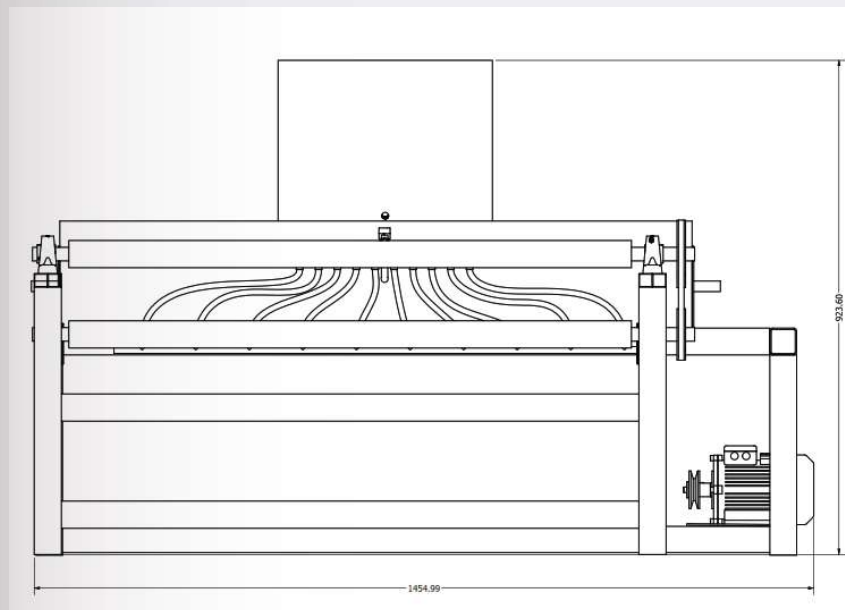
La cantidad de cera que se necesita para producir los 100 metros de tela son 24 kg, la capacidad del tanque de dosificación de cera es de 0.15 m³, lo cual equivale hasta a 84 kg de cera diluida. Cada pastilla tiene un peso de 89 gramos y tienen un diámetro de 6.5 cm y una altura de 3.7 cm.

Requerimientos Energéticos

Para el correcto funcionamiento de la máquina es necesario contar con una red bifásica a 220V. En la siguiente tabla, se muestran las características de funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema de encerado automático de telas.

Equipo	Voltaje	Potencia
Motor Trifásico	220 V	0.22 - 0.5 kW
Variador de Frecuencia	220 V	0.75 kW
Resistencias Térmicas	220 V	6 kW

Dimensiones y Partes



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Planchilla estructura reservorio
2	1500,000 mm	Estructura de dosificación de cera
3	2640,000 mm	Estructura de potencia
4	4	Base Chumaceras
5	36	Pernos
6	3	Tubo acero inox. 2 in
7	4	Chumaceras
8	36	Tuercas
9	6	soporte izquierdo eje motriz
10	4	soporte derecho eje motriz
11	24	Tapas lateral tubos
12	2	Eje exterior derecho
13	2	Eje exterior izquierdo
14	2	Varilla
15	2	Platinas
16	8	Tapón de Tubos
17	2	Correa trapezoidal
18	1	Polea ranurada1
19	1	Polea ranurada2
20	1	Caja de resistencias
21	1	Reservorio de cera
22	2	Tapas de Caja de resistencias
23	1	Valvula de bola
24	1	Motor trifasico
25	1	Cañerías de dosificación
26	1	Plancha Motor

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Dado que la máquina fue diseñada para producir envoltorios destinados a la industria alimentaria, los materiales utilizados deben garantizar la inocuidad y seguridad de las telas enceradas. Es por ello que a continuación se detallan los materiales utilizados para la construcción de la máquina.

Acero Inoxidable

Material hecho de una aleación de acero con níquel muy resistente a la corrosión u con propiedades antimicrobianas. Es muy utilizado en la industria alimenticia por estas propiedades.

Este material fue utilizado para casi todas las partes de la máquina que interactúan con la materia prima (tela y cera) o tenga interacción directa con las resistencias térmicas, como reservorio, rodillos de uniformización y dosificación de tela, caja de resistencias y zona de recepción de tela encerada.

Cobre

Material con muchas propiedades físicas y químicas que garantizan un buen funcionamiento del sistema de transporte de cera diluida gracias a sus propiedades antimicrobianas, resistencia a la corrosión, conductividad térmica y facilidad de instalación.

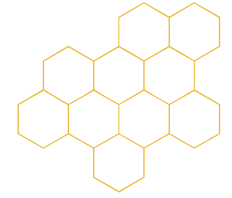
Este material fue utilizado en la instalación de cañerías del sistema ya que, al ser flexible, minimiza las pérdidas de presión y temperatura, y al ser antimicrobiano, garantiza que la cera no va a sufrir daños al momento de pasar por estas tuberías.

Acero Estructural

También conocido como acero de construcción, es una aleación de hierro y carbono utilizado generalmente en estructuras civiles que ofrece gran resistencia a cargas gracias a su ductilidad y alto valor de fluencia.

Por sus propiedades, este material fue utilizado como la estructura de la máquina, encargado de mantener todas sus partes fijas y soportar todas las cargas térmicas y de peso que se generan en el sistema.

INSTALACIÓN



Preparación del Sitio

- La máquina está pensada para ser ubicada sobre una mesa de 1.5m de ancho y 2m de largo.
- Es necesario un espacio con suficiente ventilación.
- El funcionamiento de la máquina se dará siempre y cuando exista una conexión bifásica a 220V.

Proceso de Instalación

1. Empernar a la mesa el mecanismo de alimentación de la tela por medio de las pletinas en la parte inferior de la estructura.
2. Empernar la estructura del área de calentamiento y control a la estructura del mecanismo de alimentación de cera por medio de las pletinas ubicadas en las zonas laterales e inferiores.
3. Colocar el tanque de almacenamiento de cera sobre la caja térmica en el espacio indicado por una flecha y empernarlos entre sí en los lugares disponibles para ello.
4. Conectar el niple 1 con el tanque de almacenamiento y con la válvula de alimentación de cera del sistema.
5. Conectar el niple 2, a la válvula y a la cañería de dosificación de cera.
6. Instale las líneas de corriente y tierra en las bornas especificadas en la caja de conexiones eléctricas.

Verificaciones iniciales

Una vez armada e instalada la máquina, es recomendable hacer una verificación de ajuste de cada uno de los pernos de ensamble para que la máquina no sufra vibraciones y tenga una buena alineación. Además, es necesario verificar que en las tuberías de dosificación no existan goteos innecesarios. Finalmente, el operador debe asegurarse de que no existan cuerpos extraños que puedan contaminar las telas o la cera, o en su defecto que puedan dañar el sistema por atascamientos o incendios.

OPERACIÓN

Instrucciones de Uso

• Encendido de la máquina

En la caja de conexiones existen dos breakers debidamente etiquetados. Uno de ellos corresponde al encendido del sistema de alimentación de tela, y el otro corresponde al encendido de las resistencias térmicas. Para su accionamiento solo basta con mover los interruptores a la posición de encendido o apagado según sea necesario.

Además, en la parte frontal de la caja de conexiones existen 5 pulsadores debidamente etiquetados. Los cuales permiten el funcionamiento del motor hacia adelante, hacia atrás, la detención del mismo, el aumento y la disminución de la velocidad. Dichos pulsadores permitirán al operador tener control sobre el sistema de alimentación de tela.

• Precarga

1. Enganchar la tela de 1m de ancho desde uno de sus extremos a la viga de enganche (El mecanismo soporta hasta 100 metros de tela en una sola puesta en marcha).

2. Presionar el botón de REVERSA para que el rodillo impulsado sea capaz de enrollar la tela. Asegúrese de que la tela sea enrollada adecuadamente.

3. Finalmente, presionar el botón de STOP para que el motor se detenga una vez que la tela haya sido enrollada.

• Precalentamiento y Puesta en Marcha

Ajuste la temperatura deseada en el termostato y ponga en funcionamiento las resistencias térmicas por medio del breaker de accionamiento de las mismas. Una vez alcanzada la temperatura deseada y que la cera se encuentre en estado líquido, coloque el inicio de la tela entre los rodillos de uniformización y accione el sistema de alimentación de tela hacia adelante.

Ajustes y Configuraciones

La temperatura de calentamiento se puede variar desde el termostato. Por otro lado, es necesario mantener un volumen de cera adecuado para que el sistema pueda funcionar adecuadamente, dicho nivel es al menos un tercio del cilindro de almacenamiento. Con los botones de aumento y disminución de velocidad se pueden variar la velocidad de funcionamiento de los rodillos. Sin embargo, solamente se recomienda usar dichos botones para enrollar la tela, pues el cambio de velocidad del motor hacia adelante podría afectar negativamente el encerado.

MANTENIMIENTO

• Limpieza y Cuidador

1. Ubique un contenedor lo suficientemente grande por debajo de los rodillos de uniformización.

2. Llene el reservorio con agua limpia y ajuste la temperatura del termostato a 80°C. Espere que el agua llegue a la temperatura deseada, justo antes de su punto de ebullición, y accione la válvula para que el agua caliente limpie el sistema de flujo de cera.

3. Para la limpieza de los rodillos se debe usar un trapo mojado con agua caliente y pasarlo entre los rodillos de uniformización y alrededor de ellos.

4. Apague el sistema de calentamiento.

PRECAUCIÓN: Es de suma importancia que el sistema de alimentación de alimentación de tela se encuentre apagado para evitar accidentes por atrapamiento. Además, es necesario que el operador use guantes que le permitan evitar quemaduras por el contacto con fluidos calientes. Evite salpicar agua a la caja de conexiones eléctricas.

• Programa de Mantenimiento Preventivo

Según la utilización de la máquina, es recomendable realizar una limpieza exhaustiva de todo el sistema, cada cierta frecuencia (ejemplo: cada N semanas), para evitar atascamientos en las tuberías o en los rodillos de uniformización. Se recomienda limpiar la máquina después de cada encerado para evitar que se acumulen residuos de cera.

Se recomienda revisar a menudo las resistencias térmicas del sistema y la caja de conexiones para evaluar la condición de los cables ya que pueden quemarse debido al calor.

• Solución de problemas

Si existen problemas con el funcionamiento de la máquina, contactéese con los fabricantes de la máquina por medio de los siguientes contactos.

RODRIGO CHÁVEZ
0987075880
rodrigoalchc@gmail.com

JUAN F. VÁSQUEZ
0989041719
jf.vasquez@isenfer.com

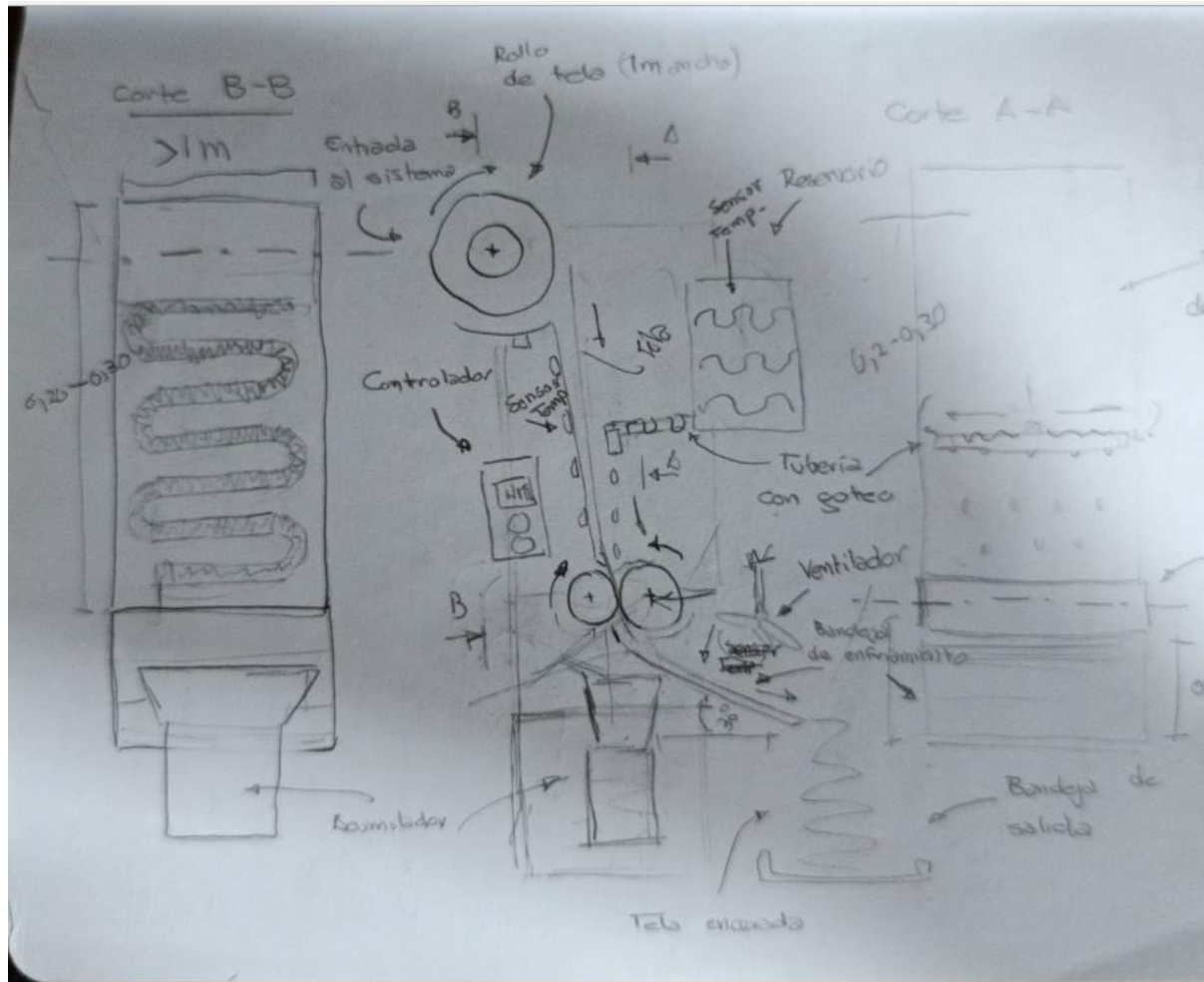
B4. Tabla de Análisis de Riesgos

ANÁLISIS DE RIESGOS								
Código	Descripción	Impacto	Probabilidad	Prioridad	Responsable	Decisión Tomada	Estatus	Observaciones
O-001	Atasco de tela: Operacional	5	5	25	Operador	Corrección: Volver a fijar la tela en el sistema	Vigente	Dependiendo de las pruebas, puede pasar muy amenudo o no suceder
O-002	Falta de tensión y arrugas en la tela: Operacional	5	5	25	Operador	Corrección: Detener el sistema y buscar la manera de darle tensión a la tela	Vigente	Dependiendo de las pruebas, puede pasar muy amenudo o no suceder
F-001	Alineación de los ejes: Fabricación	5	5	25	Juan, Rodrigo	Evitar: Uso de medición laser para alineación	Vigente	Pueden existir otros medios de alineación disponibles.
MR-001	Falta de materia prima de producción: Manejo de Recursos	5	5	25	Operador	Evitar: Siempre mantener un stock activo de la materia prima	Vigente	En el manual de operaciones se puede detallar el stock necesario para el funcionamiento continuo.
O-004	Estancamiento de cera en tuberías frías: Operacional	5	5	25	Juan, Rodrigo	Corrección: Hacer un precalentamiento del sistema para que las tuberías se calienten	Vigente	Debe existir detallarse el tiempo de calentamiento antes y despuesde usar el sistema.
T-001	Deformación termica: Técnico	5	4	20	Juan, Rodrigo	Evitar: Realizar calculos, simulaciones y buena selección de materiales para evitar el problema	Finalizado	El material es resistente según calculos, simulaciones y estimaciones. No se deforma.
O-005	Quemaduras de tela: Operacional	4	4	16	Operador	Evitar: Buen cálculo de las temperaturas internas del sistema para evitar errores	Vigente	El riesgo podría ser mas inminente en caso de atrapamiento de la tela
E-001	Falta de presupuesto por parte de contratista: Económicos	4	3	12	Juan, Rodrigo, Universidad, Sara	Corrección: Utilización de presupuesto que provee la universidad, y uso de dinero propio	Vigente	Se buscará el diseño mas eficiente y económico, y de ser el caso se usará la financiación propia
S-002	Atrapamiento de extremidades del operador en los rodillos de uniformización: Operacional	4	2	8	Operador	Evitar: Implementación de rótulos de advertencia acerca de los riesgos y uso de equipo de protección personal	Vigente	El uso de guantes a la hora de manipular los rodillos es crucial. El sistema deberá estar apagado.
S-001	Quemaduras del Operador con Resistencias eléctricas: Seguridad	4	2	8	Juan, Rodrigo, Operador	Evitar: Implementación de rótulos de advertencia acerca de los riesgos y uso de equipo de protección personal	Vigente	En el manual de operaciones se debe detallar las precauciones que hay que tomar respecto a este tema.
A-001	Desorientación de abejas por la cantidad de cera utilizada: Ambiental	3	2	6	Operador	Evitar: Utilizar este sistema en lugares cerrados para que el olor de la cera no llame a las abejas	Vigente	La máquina debe ser utilizada en un ambiente cerrado.
T-002	Descalibración de los sensores: Técnicos	3	2	6	Operador	Corrección: Mantener una calibración vigente de los sensores utilizados	Vigente	La sonda del termostato no debe ser sumergida para evitar daños en la misma.
O-005	Quemaduras del Operador con la cera caliente: Seguridad	3	2	6	Operador	Evitar: Implementación de rótulos de advertencia acerca de los riesgos y uso de equipo de protección personal	Vigente	

O - Operacional
T - Técnicos
E - Económicos
C - Comerciales
MR - Manejo de Recursos
S - Seguridad
A - Ambiental
CI - Culturales
L - Legales
P - Políticos

Apéndice B 1. Tabla de análisis de riesgos.

C. Archivo



→ Acero AISI 304 (Inoxidable)

comercialmente: 0,40 - 15 [mm] → "t"

Acabados: 2B, N4, NI → laminado en caliente
 ↪ pulido a una cara

Resistencias Planas
 ↪ Cuerpos metálicos planos

→ Área de Calentamiento de tela

Vista Frontal: 1050 [mm]

Vista Posterior

T_0 = Temperatura de los extremos ($\approx 20^\circ - 25^\circ C$)
 T_{01} = T. de la superficie externa (lado izq.)
 T_{02} = T. de la superficie externa (lado der.)
 T_{03} = T. del aislamiento
 T_{04} = T. del interior de la caja de calentamiento
 T_A = T. de las resistencias eléctricas
 T_{05} = T. de la superficie externa dentro de la máquina (lado der.)
 T_{06} = T. de la superficie externa dentro de la máquina (lado izq.)
 T_{07} = T. ambiente de encendido.

→ Análisis de Velocidades

$\omega_B > \omega_A$

→ Para que la tela no sea desenrollada muy rápido.

→ Para que en la Zona de uniformización se ejerza el torque del motor y a su vez la tela pueda ganar algo de tensión

→ Como consecuencia se tiene que:

$\phi_A > \phi_B$

Se sabe que:

→ $V_A = V_B$

$\omega_A \phi_A = \omega_B \phi_B$ (Puede ser otra)

$\omega_A = \frac{1}{3} \omega_B$ → Se asume esta relación porque se espera que la tela sea desenrollada lentamente y pueda tener algo de tensión

$\frac{1}{3} \omega_B \phi_A = \omega_B \phi_B$

$\phi_A = 3 \phi_B$

→ Consecuentemente, → Con la velocidad de la tela se pueden seleccionar y la inercia de los ejes (motors e impulsada) se puede seleccionar un motor de un torque específico para mover el sistema de transmisión.

n_g = altura de gota
 t_g = tiempo entre gota y gota

→ La tela se mueve con velocidad constante
 $V_T = \phi_c \cdot t_g$

Velocidad para que el encendido sea favorable
 $V_g = v_c$

ϕ_c = espesor de cera
 $\phi_c = \frac{V_g}{V_T} = \frac{V_g}{\phi_c \cdot t_g} \Rightarrow \phi_c^2 = \frac{V_g}{V_T \cdot t_g}$

$n_g = \frac{1[m]}{\phi_c}$

→ Se asume que las gotas son perfectamente esféricas y que cuando caen sobre la tela forman un charco completamente circular.

d_j = distancia de desfase por deslizamiento de la gota
 $\therefore V_T (\phi_c d_j) t_g$

→ Analisis de transferencia de calor: Ambiente de calentamiento de telas

Tram: T_i de la habitación
 e_a = espesor pared de acero
 e_t = espesor tela

T_{int} = temperatura el interior de la caja de r. elec.
 T_{elec} = temperatura a la que deben permanecer los r. elec.
 T_s = temperatura superficial de la caja de r. elec.

d_{amb} = ancho del ambiente de calentamiento.
 T_{amb} = temperatura a la que permanece el ambiente

T_{s2} = temperatura superficial del límite del ambiente de calentamiento

SUPOSICIONES:

- T_{amb} es conocida, si la caja de abejas tiene un punto de fusión entre $60[^\circ C]$ y $65[^\circ C]$, se busca que el ambiente se mantenga a un $T_{amb} \approx 40-50$ para evitar un choque térmico desfavorable en el encendido.
- La temperatura de la tela debe ser aproximadamente $T_T \approx T_{amb}$.
- Se consideran los efectos de radiación del acero.
- Propiedades constantes.
- Estado Estable
- Generación de calor en las resistencias eléctricas
- T_{s0} en superficies aisladas.

Diagrama de resistencias térmicas

T_{amb} T_{amb} h_{aire} T_{ab} h_{ab} T_1 h_1 T_2 h_2 T_e h_e T_{amb}
 q_{air} q_{amb} q_{ab} q_{air} q_{amb}

T_1 T_2 T_e T_{amb}
 q_{air} q_{amb}

T_1 T_2 T_e T_{amb}
 h_{air} h_{ab} h_1 h_2 h_e

300
 80°
 x
 $\tan 80^\circ = \frac{300}{x}$
 $x = 52,9 \text{ mm}$

Tensión Superficial

$P_e = P_{atm}$
 $R =$
 $A =$
 $\sum F = 0$
 $A(P_e - P_i) + \frac{1}{2} \pi R^2 \gamma$
 $-(P_e - P_i) = \frac{\gamma \pi R^2}{\pi R^2}$
 $P_i - P_e = \frac{2\gamma}{R}$

γ : tensión superficial
 P_e : presión exterior
 P_i : presión interior $P_i > P_e$

Gota de cara esférica
 Tensión superficial

densidad agua de abejas
 $\rho = 0,96 - 0,99 \text{ [g/cm}^3] \rightarrow \rho = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Se espera que el chorro tenga un $\phi_c = 1 \text{ [cm]}$

$n_G = \frac{1000}{1} = 1000 \text{ gotas de agua.}$

$V_G = \frac{4}{3} \pi r_G^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{\phi_G}{2}\right)^3 = \frac{4}{24} \pi \phi_G^3$

$V_G = V_c$

$V_c = \frac{\pi}{4} \phi_c^2 e_c \rightarrow e_c = 0,01875 \text{ [mm]}$

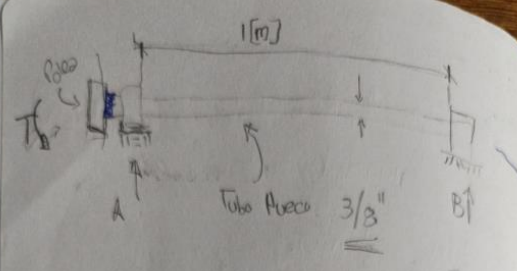
$V_c = \frac{\pi}{4} (10)^2 (0,01875) = 1,4726 \text{ [mm}^3]$

$\frac{4}{24} \pi \phi_G^3 = 1,4726$

$\phi_G = \sqrt[3]{\frac{1,4726 (24)}{4 \pi}}$

$\phi_G = 1,4115 \text{ [mm]}$

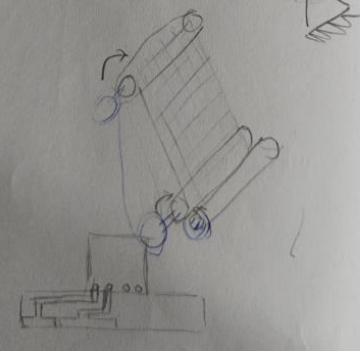
Volume Fraction



Tubo Redonde Acero Inoxidable

$l = 6 \text{ [m]}$

$e = \begin{cases} 1 \text{ [mm]} \\ 1,2 \text{ [mm]} \\ 1,5 \text{ [mm]} \\ 2 \text{ [mm]} \\ 3 \text{ [mm]} \end{cases}$



→ ABAQUS
Finite Element Analysis

Corte m-n (1")
 $D = 25.4 [mm]$
 $t = 15 [mm]$

$T_c = 20-25$
 $T_f = 65-70$

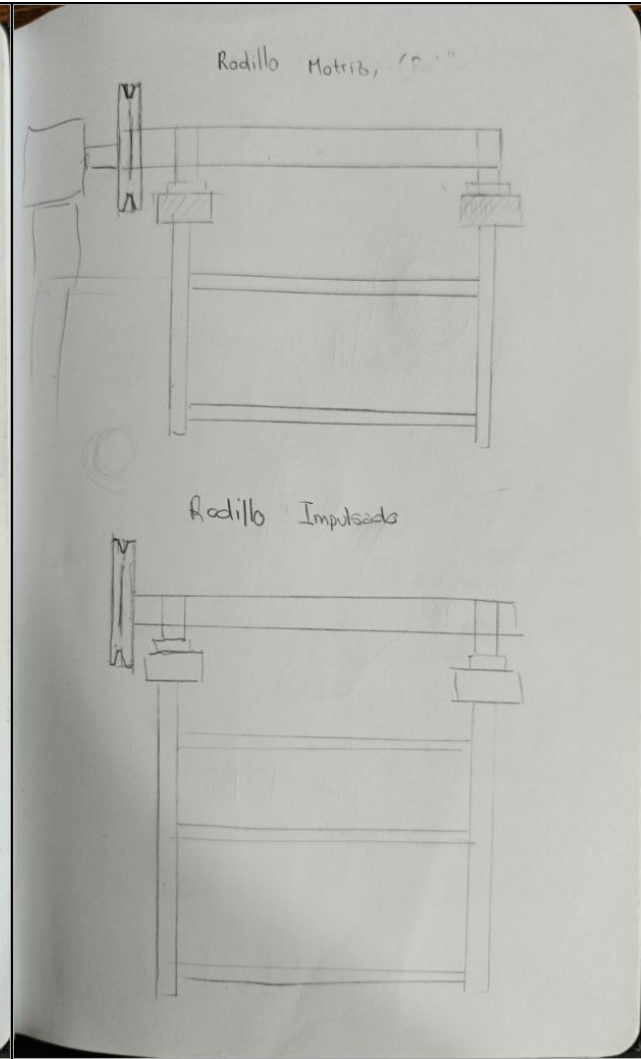
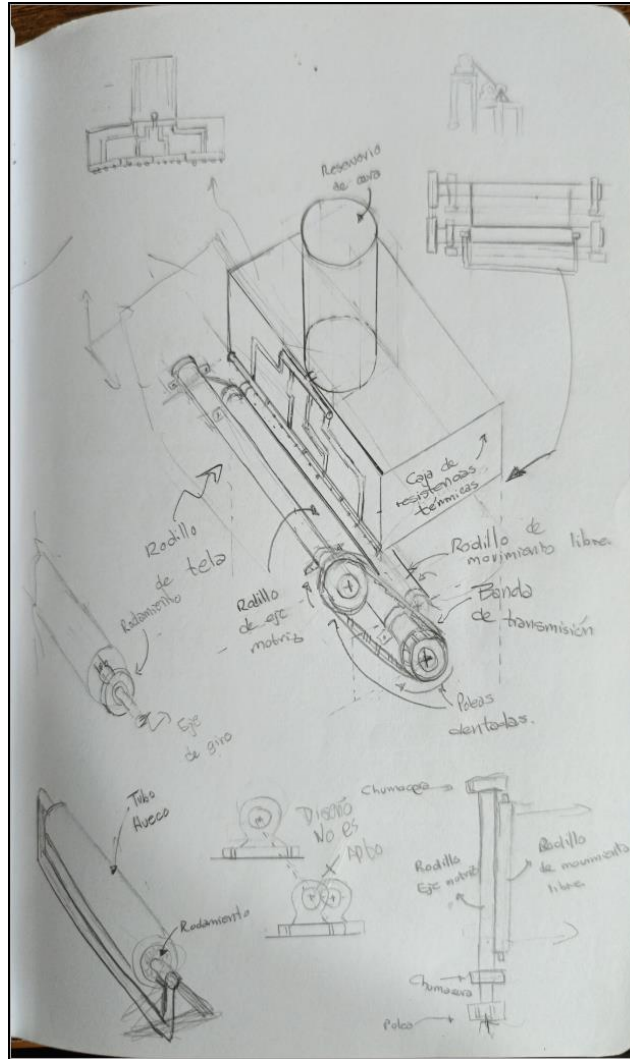
1.10 [m]

RAy, RBy

Volume Fracción

→ Cálculos 3 & 4 → Entrega 15/03/2014 (Viernes)

- Volume Fracción
- ~~Relación de Volúmenes~~
- ~~Velocidad de Teta~~
- ~~Velocidades angulares y torque del motor → Potencia~~
- ~~Poleas y banda~~
- ~~Diámetros de Rodillos~~
- Velocidad de goteo ✓
- Caudal de goteo ✓
- Definición de tuberías y diámetros de goteo y de tuberías.
- Cálculos de transferencia de calor
 - Determinación de potencias necesarias en resistencias.
 - Análisis termomecánico de los rodillos.
- Determinación de la geometría de la estructura de apoyo.
 - Rodamientos
 - Soportes
 - Aislamientos



Tolerancias dimensionales

$\phi 50$ calidad

min eje desviación

Tolerancias Geométricas

$\boxed{0,1 \quad A}$

$\boxed{0,2 \quad A}$

Símbolos de Acabados

$\sqrt[NS]{R}$ toma manual
 ← textura
 arranque de viruta

\checkmark cualquiera
 menos
 arranque
 de viruta

\checkmark la superior
 no se
 toca

$\sqrt[NS]{R}$ toma manual
 → textura

$\sqrt[NS]{L}$ fijadora

citas:
 \boxed{xx} → valor teórico
 \textcircled{xx} → comprobación

Ajustes → Relación del manejo por el funcionamiento de las piezas

- Fijo
- Móvil
- Indeterminado

$50 \text{ } h8(-0,01)$
 $50 \text{ } h9(0-0,02)$

Tolerancia Conjugada:
 E_j
 $\phi 50 \text{ } H7/k6$
 $50 \text{ } k6$
 $50 \text{ } H7$

