

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE SAN  
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
MECA-ELECTRÓNICAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**MONOGRAFÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA ROTATIVO PARA HORNO DE  
PANADERÍA INDUSTRIAL**

**POSTULANTE:** Elmer Daniel Delgado Ruiz

“Trabajo presentado para obtener el título de licenciado en Ingeniería Electromecánica, otorgado, por la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca”.

**SUCRE – BOLIVIA**

**2024**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del título en licenciatura en Ingeniería Electromecánica al mismo tiempo el certificado del Diplomado en Diseño Mecánico Industrial CAD – CAE – CNC – CAM de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la universidad para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Elmer Daniel Delgado Ruiz

Sucre, agosto 2024

## **DEDICATORIA**

A mis padres Félix Delgado y Dolores Ruiz por su constante apoyo, amor y sacrificio que han hecho posible mi educación y este logro académico.

A mi hermano Ismael Claudio Delgado Ruiz por su ánimo y alegría compartida durante este desafiante pero gratificante proceso.

A mis estimados profesores y mentores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Meca electrónicas, por su invaluable orientación y enseñanzas que han enriquecido mi conocimiento y desarrollo profesional.

Con cariño y agradecimiento sincero:

Elmer Daniel Delgado Ruiz

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, y familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

A Elizabeth Mamani, tu presencia ha sido una fuente de motivación y fortaleza en cada etapa de este proceso.

A todos mis docentes del DIPLOMADO EN DISEÑO MECÁNICO INDUSTRIAL V-1, gracias por transmitirme los conocimientos necesarios para llegar hasta este punto, su labor ha hecho que los conceptos se conviertan en herramientas reales y no solo palabras.

## RESUMEN

La presente monografía tiene como objetivo el diseño de un sistema rotativo para hornos de panadería industrial, utilizando el software de modelado SolidWorks, este diseño busca optimizar la uniformidad y reducir el tiempo de cocción.

La investigación se centró en analizar las características de tecnologías actuales utilizadas para la cocción de masas, destacando los hornos rotativos por su alta eficiencia en la producción, esto debe a los sistemas dentro del horno rotativo que optimizan la distribución de calor. A través de un análisis exhaustivo se determinó los mecanismos de rotación existentes y la recopilación de datos de diversas fuentes documentales y multimedia, se determinaron los elementos y características técnicas necesarios para el diseño del sistema rotativo.

Los hallazgos principales indican un sistema rotativo en los hornos de panadería industrial puede mejorar significativamente la calidad del pan, garantizar una mejor calidad del producto final. Además, se identificaron las ventajas de los hornos rotativos en comparación con los hornos estáticos, destacando su capacidad para optimizar el tiempo de cocción y reducir el riesgo de accidentes laborales.

# INDICE TEMÁTICO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes .....	2
1.2.	PROBLEMÁTICA .....	3
1.2.1.	Formulación del problema: .....	4
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3.1.	Justificación económica:.....	4
1.3.2.	Justificación tecnológica .....	5
1.3.3.	Justificación social: .....	5
1.4.	METODOLOGÍA .....	6
1.4.1.	Método teórico – análisis documental: .....	6
1.4.2.	Población y muestra: .....	6
1.4.3.	Técnicas e instrumentos:.....	7
1.5.	OBJETIVOS.....	7
1.5.1.	Objetivo general: .....	7
1.5.2.	Objetivos específicos:.....	7
2.	DESARROLLO .....	8
2.1.	MARCO teórico contextual.....	8
2.1.1.	Panadería industrial:.....	8
2.2.	MARCO teórico conceptual.....	9
2.2.1.	Horneado de la masa del pan:.....	9
2.2.2.	Métodos de horneado del pan: .....	11
2.2.3.	Tecnologías de horno utilizadas para la cocción del pan: .....	12
2.2.4.	Componentes del horno rotativo: .....	15
2.2.5.	Sistemas o mecanismos de rotación para hornos de panificación: ...	16
2.2.6.	Principios físicos:.....	20
2.3.	Información y datos obtenidos.....	23
2.4.	Análisis y discusión .....	32
2.4.1.	Análisis de los Datos Obtenidos: .....	32
2.4.1.5.	Análisis de mercado: .....	34
2.4.2.	Cálculo de consumo de combustible: .....	35
2.5.	CONSIDERACIONES de diseño.....	36
2.5.1.	Simulación de elementos finitos:.....	37
2.5.2.	Determinación de parámetros de diseño: .....	40
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
3.1.	Conclusiones: .....	47

3.2. Recomendaciones: .....	48
Referencias bibliográficas.....	49
ANEXOS.....	51
ANEXO A: Características técnicas de equipo. ....	51
ANEXO B: Tablas y figuras de selección y diseño. ....	52
ANEXO C: Cuestionario.....	57
ANEXO D: Costos.....	62
ANEXO E: Planos de diseño .....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Ventajas y desventajas de horno estático, horno a convección y horno rotativo .....	15
Tabla 2-2: Efecto de la velocidad de la porta bandejas en el tiempo de horneado y la masa del pan .....	24
Tabla 2-3: Calor demandado por el horno. ....	27
Tabla 2-4: Información técnica del horno rotativo Avant .....	29
Tabla 2-5: Características técnicas de horno rotativo Zuchelli.....	30
Tabla 2-6: Datos técnicos de horno rotativo ARGENCAS FE II – 252.....	31
Tabla 2-7: Diferencia entre transmisión por cadena y transmisión por correa .....	31
Tabla B-1: Coeficiente de servicio en función de horas de trabajo.....	52
Tabla B-2: Coeficiente de servicio en función del número de arranques. ....	52
Tabla B-3: Características de potencia.....	52
Tabla B-4: Capacidades de funcionamiento. ....	53
Tabla B-5: Tabla de lubricación recomendada.....	53
Tabla B-6: Factor de servicio para bandas V. ....	53
Tabla B-7: Longitudes de bandas estándar 3V, 5V y 8V (pulgadas). ....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Componentes de sistema rotativo.....	16
Figura 2-2: Configuración típica del sistema rotativo con correa y poleas. ....	20
Figura 2-3: Método sistematizado de recolección de información .....	24
Figura 2-4: Sistema de transmisión por polea .....	26
Figura 2-5: Motorreductor SEW ¼ HP .....	26
Figura 2-6: Ubicación del sistema rotativo.....	27
Figura 2-7: Horno rotativo vista frontal.....	28

Figura 2-8: Horno rotativo vista superior.....	28
Figura 2-9: Rejilla o porta bandeja .....	29
Figura 2-10: Desplazamiento estático del canastillo .....	37
Figura 2-11: Desplazamiento estático de las bandejas.....	37
Figura 2-12: Factor de seguridad del canastillo.....	38
Figura 2-13: Desplazamiento estático de eje del canastillo .....	38
Figura 2-14: Factor de seguridad del eje .....	39
Figura 2-15: Desplazamiento estático de la estructura que soporta .....	39
Figura 2-16: Factor de seguridad de la estructura que soporta el canastillo. ....	40
Figura 2-17: Especificación de los ejes de entrada y salida .....	43
Figura B-1: Gráfica para la selección de bandas en V industriales de sección angosta (Dayco corp., Dayton OH.) .....	54
Figura B-2: Capacidades: bandas 3V. ....	55
Figura B-3: Factor de corrección por ángulo de contacto. ....	55
Figura B-4: Factor de corrección por longitud de banda. ....	56

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema rotativo de horno panificador para mejorar las condiciones de seguridad del personal encargado del horneado, incrementar la uniformidad de cocción y optimizar el tiempo de cocción. Para lograr estos objetivos, se realizará un análisis detallado de las características de cocimiento del pan, los métodos y tecnologías de cocción existentes y los mecanismos de rotación actuales. Basándose en estos análisis, se desarrollará una solución de un diseño eficiente.

Con una rica historia que abarca milenios, la producción de pan ha evolucionado desde prácticas domésticas hasta convertirse en una empresa consolidada. A lo largo de los años, las panaderías han experimentado transformaciones tecnológicas significativas, en este contexto, la panadería emerge como un escenario donde las tradiciones se encuentran con los desafíos modernos, especialmente en el proceso de amasado y la cocción, hecho que afecta directamente a la calidad del producto final.

Los hornos estáticos han sido ampliamente utilizados en panaderías de todo el mundo, sin embargo, estos presentan varias limitaciones, especialmente en términos de la seguridad del personal y la uniformidad de cocción. En un horno estático, la manipulación manual de las charolas es necesaria para garantizar una cocción uniforme, lo que expone a los trabajadores a altas temperaturas y aumenta el riesgo de quemaduras y otros accidentes laborales.

En respuesta a estas necesidades, los hornos rotativos han emergido como una alternativa prometedora. Con su sistema rotativo diseñado para proporcionar una cocción más uniforme mediante la rotación continua de las charolas dentro del horno. Este movimiento rotativo no solo asegura una distribución homogénea del calor, sino que también reduce la necesidad de intervención manual.

## 1.1. ANTECEDENTES

Los hornos rotativos son ideales para panaderías, presentan una disposición de bandejas que gira para asegurar una cocción uniforme del pan. Incorporan un control mecanizado de aire caliente y húmedo que garantiza un resultado equilibrado, proporcionando una consistencia crujiente en cada horneada, según (Eugen Andreescu, 2018), para llegar hasta este punto, la producción de pan ha tenido evolucionar.

Desde hace más de 3.000 años se tiene constancia de la existencia del pan. Su fabricación ha sido, y es una actividad que ha conjugado lo doméstico y lo empresarial. Es decir, el pan era un producto alimenticio que en sus orígenes se elaboraba en las casas, pero que paralelamente derivó en una actividad comercial desarrollada por artesanos que elaboraban el pan para ser vendidos. Se tiene constancia de la panadería profesional ya en los tiempos de la Roma clásica, en la que se legislaba sobre el precio del pan y la instalación de los puntos de venta y fabricación (Alfredo M. Verdegay, 2000), es decir la industria panadera era parte del mercado comercial.

En 1961 se desarrolló el proceso de panificación Chorleywood, que revolucionó la forma en la que se producía el pan, el proceso utiliza mezcladores intensivos de alta velocidad para combinar la harina, mejoradores, levadura y agua para hacer la masa (Eduardo Acosta., 2016). Aquí se muestra como trata de mejorar la producción de pan, estamos en una búsqueda constante de una mejor calidad.

Los hornos rotativos para pan comenzaron a popularizarse en el siglo XX, aproximadamente en la década de 1970, aunque es difícil señalar un año exacto, fue en ese período cuando la industrialización de la producción de alimentos empezó a ganar terreno, y la panadería no fue la excepción, una comparación entre horno convencionales y horno rotativo demuestra que un horno de piso puede llegar a producir hasta 800 piezas por hora mientras que los hornos giratorios producen desde 360 hasta 2000 piezas por hora (EUROPAN, 2019)

Los hornos estáticos tienen la desventaja de abrir y cerrar la puerta del horno para que ingrese la pala de manipulación de las charolas. Esta actividad es necesaria

para buscar uniformidad en la cocción del pan, pero tiene consecuencias en la salud debido a la exposición del trabajador con el calor, accidentes que podrían ocurrir tales como quemaduras y deshidratación. (Luis Callupe Ramirez, 2019)

La seguridad laboral de los horneadores en las panificadoras que emplean hornos estáticos es deficiente, lo que repercute negativamente en su desempeño comprometiendo la uniformidad en la cocción y el tiempo de producción, debido a la falta un mecanismo que mueva las charolas automáticamente durante la cocción, por esta razón disminuye la productividad e incluso la calidad del pan se ve comprometida.

Por todo lo anterior, es necesario la búsqueda de un diseño de sistema rotativo en un horno panificador como una alternativa para evitar la interacción del personal con el calor, es decir evitar que el personal mueva las charolas durante la cocción y que este trabajo se realice automáticamente.

## **1.2. PROBLEMÁTICA**

El problema es que, en el horneado del pan con hornos estáticos, no se tiene una distribución uniforme de calor para la cocción de los panes, obligando así a manipular las charolas con una pala para asegurar que todos los panes se cocinen de manera adecuada y al mismo tiempo.

Por otra parte, la falta de seguridad en los operarios durante la manipulación de las charolas con la puerta principal del horno abierta, expone al encargado a temperaturas de aproximadamente 150 °c, dependiendo de la capacidad del horno que utiliza.

Para la manipulación de las charolas se necesita cierta capacitación, si bien se han mejorado las técnicas de horneado, no se está libre de un accidente que podría ocasionar quemaduras, lesiones y desmayo por deshidratación al encargado del horno, afectando negativamente la producción y comprometiendo la calidad del pan.

La causa que origina estos problemas es que los hornos estáticos no cuentan con un sistema rotativo que reduzca el tiempo y mejore la uniformidad de cocción de

los panes, sin la necesidad de tener que abrir la puerta del horno para acomodar las charolas.

Las consecuencias que llevan estos problemas es que la falta de seguridad por exposición al calor puede provocar daños a la salud del personal, la falta de uniformidad en la cocción implica obtener un producto de menor calidad. reduciendo las ventas, y el tiempo en el que se tarda la cocción de un pan define el grado de producción del horno, entre más tiempo se tomen los encargados del horno en cocer el pan, es menos productivo.

En este contexto, surge la necesidad de diseñar un sistema rotativo para los hornos estáticos que pueda ofrecer una alternativa para abordar sistemas automáticos que muevan la masa del pan dentro el horno durante la cocción para evitar que el personal entre en contacto con el calor del horno, como también tener un producto de buena calidad en un tiempo optimo.

#### **1.2.1. Formulación del problema:**

¿Será posible adecuar el estudio de un sistema rotativo a un horno estático que optimice la uniformidad y el tiempo de cocción del pan?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En términos generales, se busca adecuar el estudio de un sistema rotativo a un horno estático, que sea factible técnica y económicamente (en los costos de inversión inicial y costos operativos)

#### **1.3.1. Justificación económica:**

El desarrollo de un sistema rotativo para hornos destinados a la panadería trae beneficios económicos significativos en las siguientes áreas:

- **Incremento en la producción:** La porta bandejas aloja 18 charolas de pan, permitiendo cocinar una gran cantidad de masa durante cada ciclo de cocción incrementando así la producción.

- **Aumento en la calidad:** el sistema rotativo garantiza que el calor se distribuya de forma uniforme en toda la masa del pan, logrando una cocción homogénea y mejorando la calidad del producto.
- **Reducción de costos operativos:** El sistema rotativo mejora la eficiencia energética reflejándose en la reducción de los costos de electricidad y gas, aumentando así los márgenes de beneficio.

### 1.3.2. Justificación tecnológica

Desde el punto de vista tecnológico, el diseño de un sistema rotativo para la cocción de pan se entiende como:

- **Innovación tecnológica:** La integración de tecnologías complementarias para horno en el proceso de cocción de masa representa la continua evolución del conocimiento aplicado en la industrial.
- **Flexibilidad en la producción:** Con el sistema rotativo es posible adaptarse a diferentes tipos de masa y recetas específicas de la panadería, modernizando así la industria panadera.
- **Control del proceso:** El sistema rotativo ofrece un control más preciso de la cocción, garantizando una distribución uniforme del calor y una reducción significativa de las pérdidas de masa.

### 1.3.3. Justificación social:

Desde una perspectiva social, el diseño de un sistema rotativo para la cocción de pan tendrá un impacto positivo en:

- **Las condiciones laborales:** el sistema rotativo mejora las condiciones de trabajo del personal encargado del horneado, reduciendo significativamente la exposición a altas temperaturas y minimizando riesgos de lesiones laborales.
- **La calidad del producto para los consumidores:** el sistema rotativo asegura un aumento en la calidad de los productos de panadería, la distribución uniforme del calor cuece de manera homogénea la masa del pan, resultando en una textura, sabor y apariencia consistentes.

## **1.4. METODOLOGÍA**

### **1.4.1. Método teórico – análisis documental:**

#### **1.4.1.1. Identificación de requisitos:**

Se realizará una evaluación detallada de los requisitos funcionales y técnicos necesarios para el sistema rotativo de horno panificador, esto involucrará el análisis de las necesidades actuales y las especificaciones técnicas requeridas para una producción eficiente y que cubra las necesidades.

#### **1.4.1.2. Análisis de sistemas exigentes:**

Se llevará a cabo un estudio comparativo de la tecnología existente para los diferentes sistemas para identificar la tecnología que mejor se adecue a los requerimientos del medio.

#### **1.4.1.3. Diseño y modelado de un prototipo:**

Se diseñará y modelará un prototipo de sistema rotativo de horno panificador utilizando software SolidWorks.

#### **1.4.1.4. Análisis de factibilidad técnica y económica:**

Se realizará un análisis de la viabilidad técnica, económica de la implementación del sistema rotativo de horno panificador.

### **1.4.2. Población y muestra:**

**Población:** Todas las tecnologías de cocción de pan utilizadas en la industria panadera, como hornos estáticos, hornos de convección, hornos rotativos, entre otros.

**Muestra:** Los sistemas rotativos para hornos industriales, específicamente aquellos que utilizan mecanismos como correa y polea, cadena y engranajes.

### **1.4.3. Técnicas e instrumentos:**

#### **1.4.3.1. Software CAD:**

Para el diseño y desarrollo del prototipo del horno eléctrico de inducción, se utilizará software cad, lo que permitirá una modelización precisa y la posibilidad de realizar ajustes antes de la fabricación.

#### **1.4.3.2. Evaluación de costos:**

Se empleará herramientas de análisis financiero para determinar la rentabilidad y la viabilidad económica del proyecto.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. Objetivo general:**

Diseñar un sistema rotativo que se adecue a los hornos industriales estáticos para optimizar la uniformidad y el tiempo de cocción del pan.

#### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Analizar y definir las características técnicas y operativas de los hornos panificadores industriales.
- Evaluar las tecnologías existentes en hornos industriales y su viabilidad para la conversión a sistemas rotativos.
- Realizar un análisis comparativo de los sistemas rotativos empleados en la industria panificadora.

### 2. DESARROLLO

#### 2.1. MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL

##### 2.1.1. Panadería industrial:

La panadería industrial realiza la producción en masa de productos horneados mediante maquinaria y tecnología para una elevada producción, en este contexto los operadores y los asistentes deben controlar varios tipos de maquinarias donde se prepara la masa base antes de pasar por los distintos procesamientos que se muestran a continuación (Jessica Candia, 2022).

El proceso generalizado para la elaboración de pan a nivel industrial es el siguiente:



**Figura 2-1:** Proceso para la elaboración del pan industrial

**Fuente:** [www.alimentosdespana.es](http://www.alimentosdespana.es)

En una panadería industrial, el horneado es un punto clave para optimizar el tiempo de producción, para ello se tiene hornos con distintas tecnologías, tales como

hornos estáticos, hornos a convección y hornos rotativos, los hornos industriales utilizados comúnmente en panaderías de gran escala, requieren sistemas que puedan soportar altas temperaturas y cargas pesadas.

El diseño de sistemas rotativos en hornos de panadería industrial es crucial para optimizar la producción en masa y garantizar la uniformidad en la cocción.

En Bolivia, la demanda de sistemas rotativos ha crecido debido a la expansión de la industria de panadería, lo cual exige diseños robustos que operen de manera eficiente en entornos calurosos y mantengan la calidad del producto final.

Este proyecto está dirigido a las industrias panaderas que actualmente utilizan hornos estáticos o de convección, con la intención de demostrar las ventajas del sistema rotativo, por ello se pretende buscar un diseño económico, de fácil mantenimiento y con buen rendimiento.

## **2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Horneado de la masa del pan:**

El horneado de la masa del pan es un proceso crítico que transforma la masa cruda en pan comestible. Durante el horneado, el calor provoca la evaporación del agua, la expansión de los gases atrapados, la gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas. Además, se desarrolla la corteza mediante la caramelización de los azúcares, que da como resultado un color dorado y un sabor característico (Gabriela Giovagny Barrionuevo Mendoza, 2015).

#### **2.2.1.1. Uniformidad de cocción:**

La uniformidad de cocción en los panes se logra mediante una distribución homogénea del calor que provee el horno durante el proceso de horneado, asegurando que todos los panes dentro del horno se cocinen de manera igual. La uniformidad de calor en hornos estático, hornos a convección y hornos rotativos es diferente, en la figura 2-2 se muestra el producto final del horno, todos tienen el mismo tono, todos se hornearon con el mismo calor.



**Figura 2-2:**Uniformidad en la cocción  
**Fuente:** [www.papapastymachine.com](http://www.papapastymachine.com)

#### 2.2.1.2. Variables que afectan la uniformidad del pan:

La uniformidad del pan depende de una combinación de factores que van desde el proceso de amasado y fermentación hasta la cocción adecuada (Gabriel Gironi, 1908).

Los factores que afectan la uniformidad del pan son:

- **Proceso de amasado:** Un amasado adecuado garantiza una distribución uniforme de los ingredientes en la masa, lo que contribuye a una estructura uniforme en el pan final.
- **Fermentación:** El proceso de fermentación, controlado por la levadura, influye en la formación de burbujas de aire y ácido carbónico en la masa. Una fermentación adecuada contribuye a una textura uniforme.
- **La temperatura y el tiempo de duración:** La temperatura y el tiempo adecuados permite que la masa tenga una cocción uniforme, la temperatura varía desde 150°C a 250°C, el tiempo de cocción de un pan varía desde 15 min a 45 min, dependiendo del tipo de horno.

- **Hinchazón e hidratación del almidón:** La expansión e hidratación del almidón durante la cocción contribuyen al levantamiento y esponjado del pan, lo que afecta su uniformidad.
- **Distribución de calor:** La distribución uniforme del calor en el horno es esencial para garantizar que el pan se cocine de manera uniforme en todas sus partes, evitando áreas crudas o quemadas.

### **2.2.2. Métodos de horneado del pan:**

Los métodos de horneado del pan, en búsqueda de una mejor calidad (sabor), varían según el tipo de energía utilizada y las condiciones de temperatura y tiempo.

#### **2.2.2.1. Con aporte de calor por gas:**

Los hornos que utilizan gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) son comunes en la industria panadera. El gas se quema en un quemador que está ubicado en el interior del horno, el calor generado por la combustión del gas se distribuye dentro el horno.

Estos hornos ofrecen una fuente de calor constante y controlable, lo que permite una cocción uniforme (Edson Quintanar, 2023).

#### **2.2.2.2. Con el aporte de calor con leña:**

Los hornos de leña proporcionan un sabor distintivo al pan debido al humo y al calor generado por la combustión de la madera. Sin embargo, el control de la temperatura es más complicado en comparación con otros métodos. el costo inicial de adquirir y construir un horno de leña puede ser significativo. Además, el costo de la leña y el mantenimiento del horno deben ser considerados a la hora de terminar y empezar con el horneado (Norberto M. Seoane, 2007).

#### **2.2.2.3. Con el aporte de calor con energía eléctrica:**

Los hornos eléctricos son populares debido a su precisión en el control de la temperatura. Estos hornos funcionan mediante la resistencia eléctrica lo que genera

el calor y permite cocinar el pan, son eficientes y no producen emisiones directas, siendo una opción más limpia en términos ambientales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los hornos eléctricos pueden ser menos eficientes en comparación con los hornos a gas, especialmente en instalaciones de gran producción (Edson Quintanar, 2023).

#### **2.2.2.4. Horneado a alta temperatura por corto tiempo:**

Este método se utiliza para obtener una corteza crujiente y un interior suave. El pan se hornea a temperaturas superiores a 220°C durante un periodo corto, lo que permite una rápida gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas (Gluten Morgen Español, 2023).

#### **2.2.2.5. Horneado a baja temperatura por largo tiempo:**

Este método se emplea para panes densos y con mayor hidratación. Se hornea a temperaturas alrededor de 180°C durante un periodo prolongado, permitiendo una cocción uniforme y un desarrollo gradual de la corteza (Gluten Morgen Español, 2023).

### **2.2.3. Tecnologías de horno utilizadas para la cocción del pan:**

Las tecnologías de hornos para panificadoras se clasificarán según su mecanismo de transferencia de calor en:

- Hornos estáticos.
- Hornos de convección.
- Hornos dinámicos o rotativos.

#### **2.2.3.1. Hornos estáticos:**

Los hornos estáticos son aquellos donde el calor se transfiere principalmente por radiación y conducción, sin la ayuda de un ventilador para mover el aire dentro del horno. Usados en panaderías artesanales y hogares donde la uniformidad extrema no es crítica y donde la simplicidad y el costo son consideraciones importantes.

(Pilar Corporán, 2010). Al añadir un ventilador para mover el aire, el horno comienza a funcionar como un horno de convección.

Estos hornos se denominan "estáticos" porque, las bandejas o charolas permanecen en una posición fija y el flujo del aire caliente son a velocidades pequeñas (convección natural). Las fuentes de calor más comunes para los hornos estáticos son:

- Gas
- Electricidad
- Leña o carbón.

Las ventajas y desventajas de utilizar hornos estáticos son:

**Ventajas:**

- Simplicidad en el diseño y operación.
- Bajo costo de adquisición y mantenimiento.
- Ideal para producciones pequeñas y medianas.

**Desventajas:**

- Cocción menos uniforme, especialmente en lotes grandes.
- Mayor tiempo de cocción comparado con otros tipos de hornos.

**2.2.3.2. Hornos de convección:**

Los hornos de convección utilizan un ventilador interno para circular el aire caliente uniformemente por todo el horno (convección forzada). Esto permite una cocción más rápida y uniforme en comparación con los hornos estáticos, ya que se tiene un movimiento más dinámico del aire caliente, la distribución de calor es limitada, la circulación del flujo no afecta a todos de forma igual (Labensky & Hause, 2014).

Las ventajas y desventajas de utilizar hornos a convección son:

**Ventajas:**

- El movimiento constante del aire asegura una distribución uniforme del calor, lo que resulta en una cocción más consistente.

- El aire circulante permite que los alimentos se cocinen en menos tiempo que en un horno estático.

**Desventajas:**

- El movimiento del aire puede causar que ciertos productos, especialmente los que contienen mucha humedad, se deshidraten más rápidamente.
- Distribución desigual en cargas grandes, lo que resulta en puntos calientes o fríos.

**2.2.3.3. Hornos dinámicos o rotativos:**

Estos hornos incluyen un mecanismo de rotación que gira las bandejas de pan durante el horneado y una turbina para una convección forzada del flujo de aire caliente. La rotación asegura que llegue el mismo flujo caliente a todo el pan (Pilar Corporán, 2010). Las fuentes de calor más comunes que utilizan estos hornos rotativos son electricidad y gas.

Las ventajas y desventajas de utilizar hornos con sistema rotativo son:

**Ventajas:**

- Cocción uniforme y consistente.
- Capacidad para manejar grandes volúmenes de producción.
- Eficiencia en el uso del espacio dentro del horno.

**Desventajas:**

- Mayor complejidad en el diseño y mantenimiento.
- Costos iniciales más altos debido a la tecnología de rotación.
- Mayor consumo de energía debido al mecanismo de rotación.

**2.2.3.4. Ventajas y desventajas comparativas entre un horno estático, de convección y un horno rotativo:**

A continuación, se muestra una tabla comparativa de las ventajas que tiene un horno rotativo frente a un horno estático, luego se muestra las desventajas, esta

comparación nos ayuda a identificar la relevancia del este proyecto en nuestro entorno.

**Tabla 2-1:** Ventajas y desventajas de horno estático, horno a convección y horno rotativo

	Horno estático	Horno de convección	Horno rotativo
Uniformidad de cocción	✗ Menos uniformidad en la cocción.	✗ Puntos fríos y caliente reducidos, casi uniforme.	✓ Distribución uniforme del calor.
Capacidad	✗ Limitado por el espacio.	✗ Producción media.	✓ Producción elevada.
Producción	✗ Tiempo de cocción más prolongado.	✓ Tiempo de cocción relativamente rápido.	✓ Mayor velocidad de cocción.
Control preciso	✗ Menos control sobre el proceso.	✓ Control de velocidad de circulación del aire caliente.	✓ Control de temperatura y tiempo.
Adaptabilidad	✗ Menos versatilidad en los productos.	✗ Menos adecuado para recetas tradicionales sin ajustes.	✓ Puede hornear una variedad de productos.
Costo	✓ Menor inversión inicial.	✗ Inversión elevada.	✗ Mayor inversión inicial y mantenimiento.
Complejidad de operación.	✓ Operación más simple.	✓ Requiere conocimientos básicos para su uso.	✗ Requiere más conocimientos de operación.
Mantenimiento	✓ Menor necesidad de mantenimiento	✗ Mantenimiento continuo del ventilador	✗ Mayor necesidad de mantenimiento.

Fuente: [www.bauuman.com](http://www.bauuman.com)

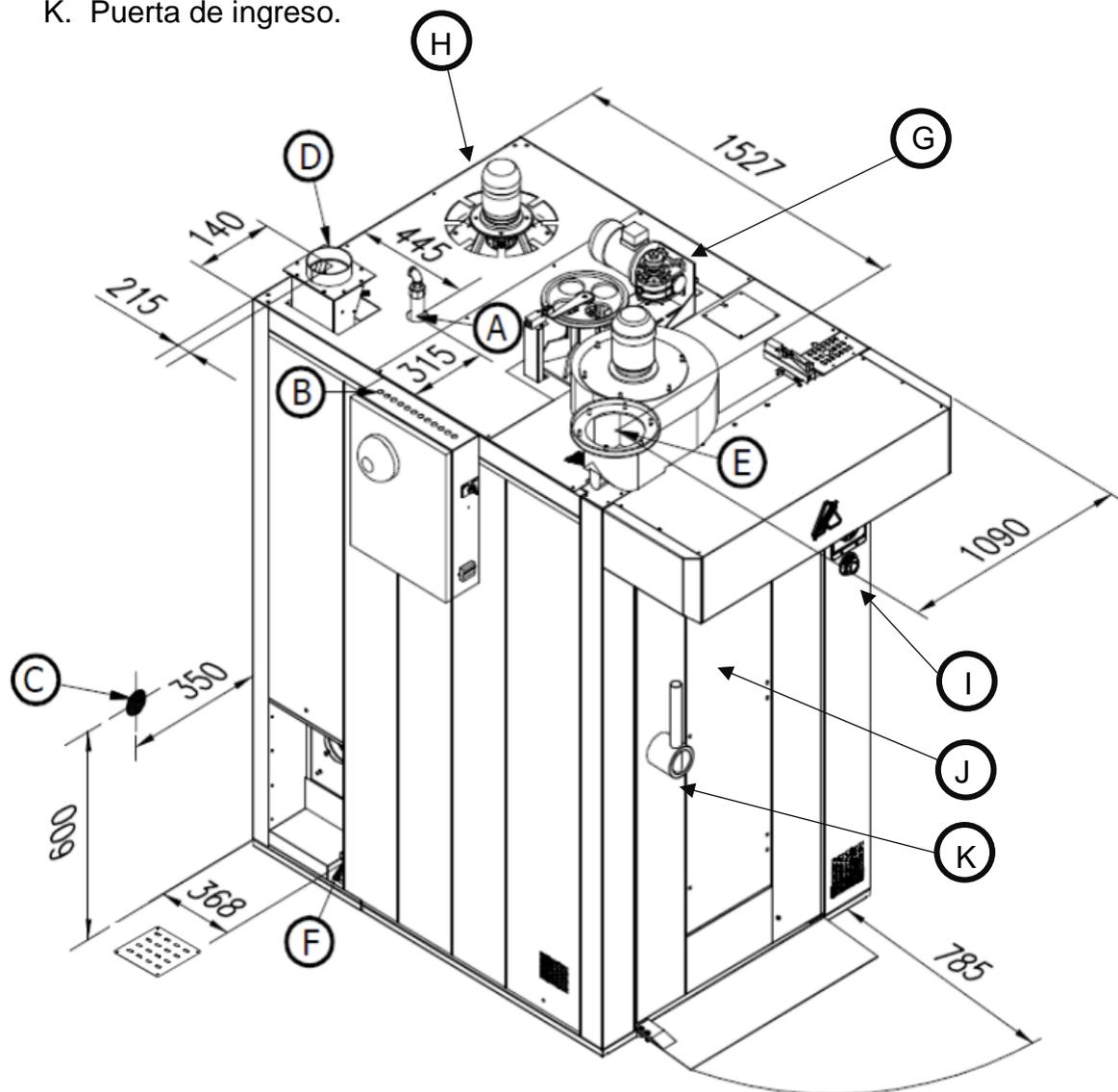
#### 2.2.4. Componentes del horno rotativo:

Un horno rotativo consta de varios componentes que aseguran su funcionamiento eficiente, a continuación, se muestra algunos de sus componentes:

- A. Conexión de línea de agua.
- B. Conexión línea de electricidad.
- C. Conexión línea de combustible.
- D. Chimenea de gases quemados.
- E. Chimenea de vapor.
- F. Salida de drenaje de excedente de vaporización.
- G. Sistema de rotación.
- H. Turbina de circulación de flujo.
- I. Tablero de control.

J. Cámara de cocción.

K. Puerta de ingreso.



**Figura 2-1:** Componentes de sistema rotativo.

**Fuente:** Argencas.

### 2.2.5. Sistemas o mecanismos de rotación para hornos de panificación:

- Sistema de cadena y catarina.
- Sistema de sin fin y corona.
- Sistema de correa y poleas.

### 2.2.5.1. Sistema de cadena y Catarina:

Este sistema utiliza una cadena cerrada que se engrana con una serie de ruedas dentadas o engranajes. La rotación se transmite a través de la cadena, proporcionando un movimiento preciso y sincronizado. Este tipo de sistema es conocido por su durabilidad y capacidad para manejar cargas pesadas. Es ideal para aplicaciones donde se requiere un movimiento constante y uniforme, ofreciendo una alta eficiencia y baja pérdida de energía (Shigley J. E. & Uicker J. J., 2011).

#### Ventajas:

- **Durabilidad:** Este sistema es robusto y resistente al desgaste, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de larga duración.
- **Capacidad de Carga:** Puede manejar cargas pesadas de manera eficiente, lo que lo hace ideal para hornos con grandes volúmenes de producción.
- **Precisión y Sincronización:** Proporciona un movimiento preciso y sincronizado, asegurando una distribución uniforme del calor en el horno.

#### Desventajas:

- **Mantenimiento:** Requiere un mantenimiento regular, como la lubricación de las cadenas y el ajuste de los engranajes para evitar desajustes o fallos en el sistema.
- **Ruido:** El movimiento de la cadena y los engranajes generan ruido.

#### Limitaciones:

- **Espacio y peso:** Ocupan más espacio debido al tamaño de las cadenas y los engranajes, lo que puede ser una limitación en hornos compactos, también son más pesados debido a material del que están hechos.
- **Flexibilidad:** La rigidez del sistema puede limitar la flexibilidad en la configuración y el ajuste del horno.

### 2.2.5.2. Sistema de sin fin y corona:

Este mecanismo consta de un sin fin y una corona. Al girar el piñón, los dientes se enganchan con los del engranaje la rotación que transmite es preciso y

sincronizado, se requiere de constante lubricación para la transmisión de potencia, lo que es una restricción al momento de trabajar lugares con elevada temperatura. (Juvinal R. C. & Marshek K. M., 2012).

**Ventajas:**

- **Precisión:** Este sistema permite un control preciso del movimiento.
- **Simplicidad:** Su diseño es relativamente simple, lo que facilita la instalación y el mantenimiento.

**Desventajas:**

- **Desgaste:** Los dientes del piñón y la cremallera pueden desgastarse con el tiempo, especialmente en aplicaciones de uso intensivo a elevadas temperaturas.
- **Capacidad de Carga Limitada:** Aunque es preciso, este sistema no está diseñado para manejar cargas extremadamente pesadas como el sistema de cadena y engranajes.

**Limitaciones:**

- **Fricción:** La fricción entre el sin fin y corona puede generar pérdidas de eficiencia y requiere lubricación regular.
- **Limitación en Aplicaciones:** El peso es un factor a considerar cuando se habla de hornos rotativos.

**2.2.5.3. Sistema de correa y poleas:**

Este sistema utiliza una correa flexible que se desplaza sobre poleas. La correa puede ser plana, en V o dentada, dependiendo de los requerimientos de transmisión de potencia y la configuración del sistema. Las poleas, que son ruedas acanaladas, guían y soportan la correa, transfiriendo el movimiento rotativo de un eje a otro. Este sistema es conocido por su capacidad de reducir vibraciones y operar de manera silenciosa, además de ser de fácil mantenimiento y ajuste (Mott Robert L., 2004)

**Ventajas:**

- **Simplicidad:** El diseño del sistema de correa y poleas es simple, lo que facilita su instalación y mantenimiento.
- **Reducción de Vibraciones:** Las correas ayudan a absorber las vibraciones, proporcionando un funcionamiento más suave y silencioso en comparación con otros sistemas como el de cadena y engranajes.
- **Instalación:** Es fácil ajustar la tensión de la correa, lo que permite una configuración flexible para diferentes aplicaciones.
- **Costo:** Los componentes del sistema, como correas y poleas, suelen ser menos costosos que otros mecanismos de transmisión.

#### **Desventajas:**

- **Deslizamiento:** Una desventaja clave es el posible deslizamiento de la correa bajo cargas pesadas o en condiciones de alta fricción.
- **Desgaste de la Correa:** Las correas pueden desgastarse con el tiempo, especialmente si están sometidas a tensiones altas o ambientes con temperaturas extremas, lo que requiere reemplazos periódicos.
- **Capacidad de Carga Limitada:** En comparación con los sistemas de cadena y engranajes, las correas tienen una capacidad de carga limitada, lo que las hace menos adecuadas para aplicaciones que requieren el manejo de cargas muy pesadas.

#### **Limitaciones:**

- **Temperatura y Humedad:** Las correas pueden ser sensibles a cambios en la temperatura y la humedad, lo que afecta su rendimiento y durabilidad.
- **Espacio:** El sistema es compacto, requiere un espacio suficiente para la correcta alineación de las poleas y la tensión adecuada de la correa.
- **Eficiencia:** Aunque eficiente en muchas aplicaciones, la eficiencia de la transmisión puede disminuir si la correa no está bien tensada o si hay desalineación en las poleas, lo que podría llevar a pérdidas de energía.

#### **2.2.5.4. Componentes del sistema rotativo de correa y poleas:**

Los componentes típicos de un sistema rotativo con correa y poleas de horno panificador son:

- **Motor eléctrico.**
- **Reductor de velocidad.**
- **Sistema de poleas.**
- **Correa**
- **Ejes.**
- **Sistema de elevación de la porta charolas.**
- **Estructura móvil porta charolas.**



**Figura 2-2:** Configuración típica del sistema rotativo con correa y poleas.  
**Fuente:** SolidWorks

Los sistemas rotativos en hornos industriales juegan un papel crucial en la distribución homogénea del calor, en la figura 2-3 se muestra la configuración típica del sistema rotativo a correa y polea.

### **2.2.6. Principios físicos:**

El diseño y funcionamiento de un sistema rotativo para hornos de panificación industrial se basa en una serie de principios físicos fundamentales que aseguran la selección de materiales con sus respectivas dimensiones.

#### **2.2.6.1. Transferencia de Calor:**

El horneado del pan depende en gran medida de la transferencia de calor, que es el proceso por el cual el calor se mueve de un lugar a otro, en un horno rotativo, la transferencia de calor se da principalmente por conducción, convección y, en menor medida, radiación.

### a) Conducción:

La conducción es un proceso mediante el cual el calor se transfiere a través de un material, ya sea sólido, líquido o gas, sin movimiento de la materia. Esto significa que la energía térmica se transmite de molécula a molécula por las vibraciones o colisiones que estas realizan.

- **Sólidos:** En un sólido, como un metal, las partículas (átomos o moléculas) están muy cerca unas de otras. Cuando una parte del sólido se calienta, las moléculas vibran más y transmiten esa energía a sus vecinas, lo que permite que el calor se propague.
- **Líquidos y gases:** Aunque también ocurre en líquidos y gases, es más complejo porque las moléculas están más dispersas (en gases) o se mueven más libremente (en líquidos), lo que dificulta la transmisión eficiente del calor.

La ley de Fourier describe matemáticamente cómo se transfiere el calor por conducción. La fórmula básica es:

$$Q_{conducción} = -kA \frac{dt}{dx} \quad (2-1)$$

Siendo:

**Qconduction:** Es la tasa de transferencia de calor.

**K:** Es la conductividad térmica del material.

**A:** Es el área a través de la cual el calor se está transfiriendo.

**dt/dx:** Es el gradiente de temperatura.

### b) Convección:

La convección es el mecanismo de transferencia de calor en el que el calor se transfiere entre una superficie sólida y un fluido (o gas) en movimiento que está en contacto con esa superficie. A diferencia de la conducción, aquí el movimiento del fluido juega un papel importante en el transporte de energía.

Hay dos modos principales de convección:

#### **Convección Natural (Libre)**

En la convección natural, el movimiento del fluido se genera debido a diferencias en la densidad causadas por el calentamiento o enfriamiento. Cuando un fluido

cerca de una superficie caliente se calienta, su densidad disminuye y se eleva, mientras que el fluido más frío y denso toma su lugar.

### **Convección Forzada**

En la convección forzada, se utiliza un medio externo, como un ventilador o una bomba, para mover el fluido y aumentar la tasa de transferencia de calor.

La **Ley de Enfriamiento de Newton** es una ecuación que describe cómo se transfiere el calor entre una superficie sólida y un fluido que la rodea:

$$Q_{convección} = -hA(T_s - T_f) \quad (2-2)$$

Siendo:

**Qconvection:** Es la cantidad de calor transferido por convección.

**h:** Es el coeficiente de transferencia de calor por convección.

**A:** Es el área de la superficie a través de la cual se transfiere el calor.

**Ts:** Es la temperatura de la superficie sólida.

**Tf:** Es la temperatura del fluido (como el aire o el agua).

### **c) Radiación:**

Radiación térmica es la energía que un cuerpo emite en forma de ondas electromagnéticas debido a su temperatura. Todos los cuerpos que tienen una temperatura mayor que el cero absoluto (0 Kelvin o -273.15 °C) emiten este tipo de energía.

A diferencia de la conducción y la convección, que requieren un medio (sólido, líquido o gas) para que ocurra la transferencia de calor, la radiación térmica puede propagarse en el vacío. Esto se debe a que la radiación es una forma de onda electromagnética, como la luz o los rayos X

La cantidad de radiación térmica emitida por un cuerpo está relacionada con su temperatura según la ley de Stefan-Boltzmann.

$$Q_{radiación} = \sigma * A * T^4 \quad (2-3)$$

Donde:

**Q\_radiación:** Es la cantidad de energía radiada.

**σ:** Es la constante de Stefan-Boltzmann

**A:** Es el área de la superficie emisora.

**T:** Es la temperatura absoluta del cuerpo en Kelvin.

Aunque menos predominante, la radiación contribuye al calentamiento de la superficie del pan, favoreciendo la formación de una corteza dorada.

#### **2.2.6.2. Resistencia de materiales:**

El objetivo de la resistencia de materiales es calcular la capacidad de un material o estructura para soportar fuerzas sin deformarse permanentemente o romperse, el sistema rotativo depende de gran manera de la selección adecuada del material que soporte los esfuerzos a temperaturas elevadas y que no emitan toxicidad.

#### **2.2.6.3. Mecanismos de Transmisión**

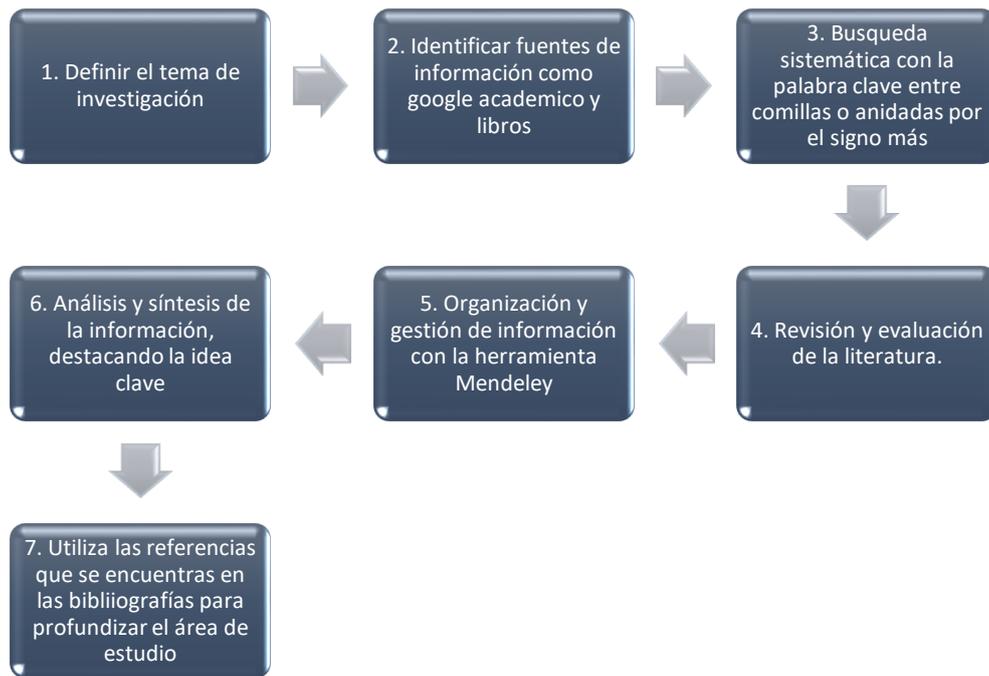
La rotación en los hornos rotativos es facilitada por mecanismos de transmisión, como engranajes, cadenas, y correas, que operan bajo los principios de la mecánica clásica, la transmisión de potencia debe ser eficiente, minimizando las pérdidas de energía mecánica por fricción y asegurando que el movimiento rotativo sea constante y uniforme.

### **2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS**

El proceso de recolección de datos se realiza mediante análisis documental de tecnología de hornos rotativos, sitios web y videos observados para los siguientes puntos

- Análisis del sistema rotativo de hornos de panadería industrial
- Influencia del sistema rotativo sobre el pan.
- Determinar los elementos que componen el sistema rotativo como también recabar características técnicas requeridas y recomendadas.

Se tiene el siguiente método sistematizado para la recolección de información y datos figura 2-6:



**Figura 2-3:** Método sistematizado de recolección de información

**Fuente:** [www.guias.servicios.gob.pe](http://www.guias.servicios.gob.pe)

Se presentan los datos obtenidos:

- Según (Sanusi et al., 2020) el horno rotativo es un tipo compacto de horno que utiliza 3 modos de transferencia de calor, convección, conducción y radiación, cuanto más rápido gire la estructura de las charolas, la velocidad de penetración del aire caliente en la masa del pan disminuye.

La superficie óptima de las charolas tiene de 1050 cm<sup>2</sup> a 1370 cm<sup>2</sup>, el tiempo de horneado óptimo es 20 min a una temperatura de 200°C

**Tabla 2-2:** Efecto de la velocidad de la porta bandejas en el tiempo de horneado y la masa del pan

Temperatura del horno (°C)	Velocidad de la parrilla del horno (rpm)	Tiempo de horneado (min)	Masa de pan (g)
160	0	82.00 ± 0.00	884.00 ± 5.00
160	10	64.00 ± 0.00	889.00 ± 6.93
160	20	46.00 ± 0.00	921.33 ± 1.15
180	0	38.33 ± 2.89	925.33 ± 5.03
180	10	28.33 ± 2.89	925.67 ± 2.08
180	20	41.67 ± 2.89	921.33 ± 1.16
200	0	21.00 ± 0.00	923.67 ± 3.06
200	10	20.00 ± 0.00	916.33 ± 3.06
200	20	23.67 ± 1.15	911.00 ± 13.86

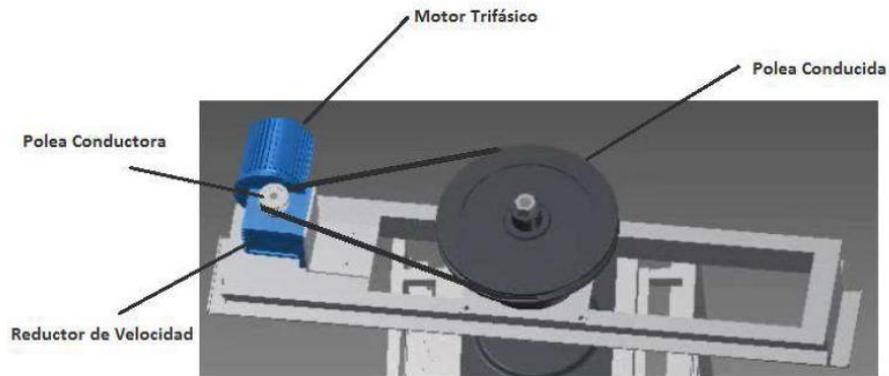
**Fuente:** Sanusi, M. S., Sunmonu, M. O.

La influencia de la velocidad de la rejilla del horno en el tiempo de horneado se muestra en la Tabla 2-2, se observó que a medida que aumenta la temperatura, hubo una reducción en el tiempo de horneado, lo que acelera la velocidad cocción y por lo tanto, reduce el tiempo de horneado, Sin embargo, un aumento en la velocidad de la parrilla del horno de 0 a 10 rpm reduce el tiempo de horneado, mientras que un aumento de 10 a 20 rpm resultó en un aumento en el tiempo de horneado.

Sansuni llego a la siguiente conclusión “La temperatura del horno y la velocidad de la parrilla del horno tuvieron una influencia significativa en el tiempo de horneado, la masa del pan. El tiempo óptimo de horneado para la producción de pan se logró en 20 min a una temperatura de horno de 200 °C y 10 rpm”.

El prototipo es apto para determinar la influencia del sistema rotativo en algunos parámetros, se tiene el resumen:

1. Este modelo **es apto** para predecir la influencia de la temperatura y la velocidad de la rejilla en el **tiempo de horneado**.
  2. Este modelo **es capaz** de predecir la influencia de la temperatura del horno y la velocidad de la rejilla del horno sobre la **masa del pan**.
  3. Este modelo **no es apto** para predecir el efecto de la temperatura del horno y la velocidad de la rejilla del horno en la **superficie del pan**
  4. Este modelo **no es apto** para predecir el efecto de la temperatura del horno y la velocidad de la rejilla del horno sobre el **volumen específico del pan**.
  5. Este modelo **no es apto** para predecir el efecto de la temperatura del horno y la velocidad de la rejilla del horno sobre **la densidad del pan**.
- Según (Domínguez Castañeda Jorge, 2021) la rotación del carro porta bandejas se realizará mediante un motor trifásico, un reductor, un sistema de poleas accionado por una banda, el cual realizará el giro alrededor de su eje como se muestra en la Figura 2-7.



**Figura 2-4:** Sistema de transmisión por polea

**Fuente:** Rudy A. Rojas Leaña

Utiliza un motorreductor de tornillo sin fin, como se muestra en la Figura 2-8 que invertirá el movimiento rotacional 90 grados.



**Figura 2-5:** Motorreductor SEW ¼ HP

**Fuente:** Catálogo motorreductores SEW

Características:

- POTENCIA = 1/2 Hp
- VOLTAJE = 230 / 380 (V)
- RELACIÓN DE REDUCCIÓN = 1/20
- VELOCIDAD SINCRÓNICA MOTOR= 1750 rpm
- FRECUENCIA: 50 hz
- TENSIÓN= 220/440 V
- NUMERO DE POLOS= 4
- MATERIAL= Hierro fundido

También está incluido la tabla del calor que consume en las partes del horno.

**Tabla 2-3:** Calor demandado por el horno.

Descripción	Calor	Unidades
Calor necesario para la cocción del pan	42.1	KW
Calor que absorbe el carro porta bandejas	4	KW
Calor disipado al abrir el horno	0.03	KW
Calor disipado en las paredes	0.32	KW
Calor disipado en el techo	0.008	KW
Calor disipado en la puerta	0.32	KW
TOTAL	46.8	KW

**Fuente:** Rudy Alfonso Rojas

- Según el manual de mantenimiento de industrias Zunino, el motor eléctrico, el reductor y las poleas deben ubicarse en la parte superior del horno, como se muestra en la siguiente figura:

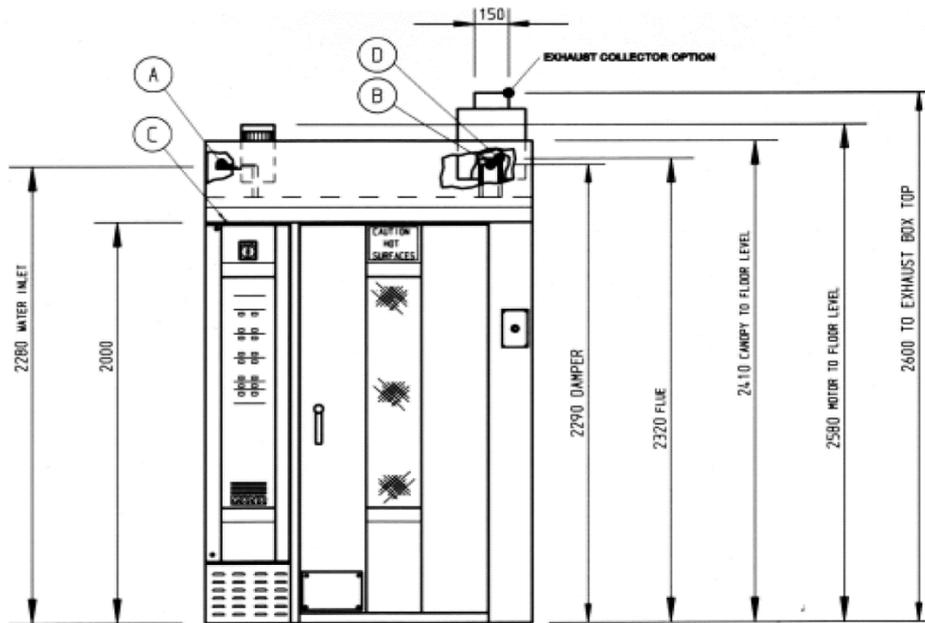


**Figura 2-6:** Ubicación del sistema rotativo

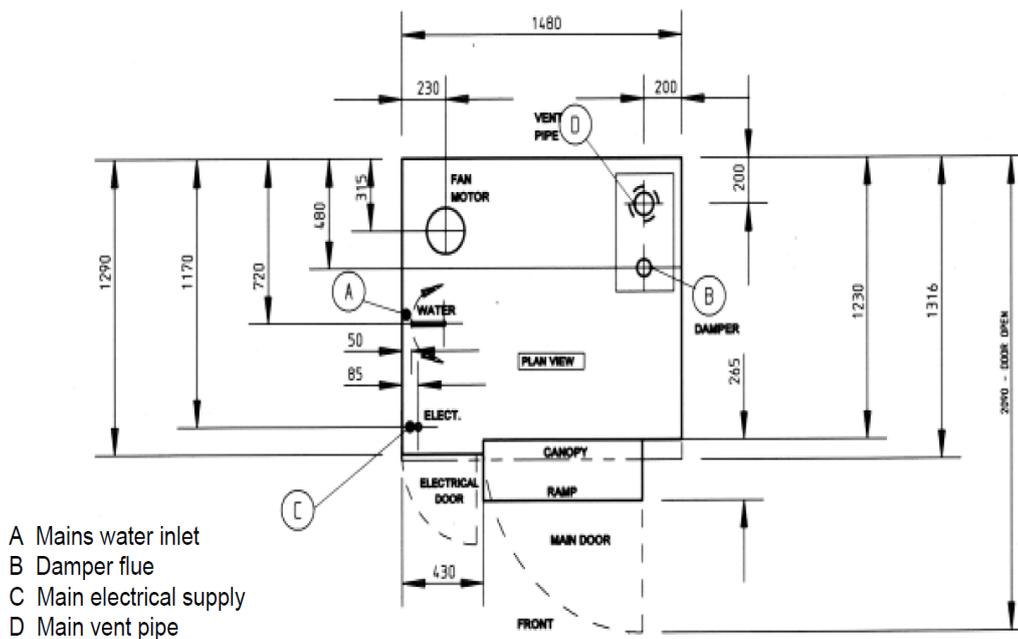
**Fuente:** Zunino

La polea debe tener prisioneros para que posteriormente pueda regular la posición del carro, la correa es A40 y A43 girando el carro en sentido horario. El eje de rotación cuenta con dos rodamientos de 6205.

- Basado en (Equipment Limited, 2017) las especificaciones del catálogo de mantenimiento MONO horno de rejilla rotativa MXT, obtenemos las dimensiones tanto en vista frontal como superior, esto para tener en cuenta las medidas al dimensionar el sistema rotativo.



**Figura 2-7:** Horno rotativo vista frontal  
**Fuente:** Catálogo Monoequip



**Figura 2-8:** Horno rotativo vista superior  
**Fuente:** Catálogo Monoequip

**Características técnicas:**

**Motor:** 0.37 KW. Unidad de motorreductor con jaula de ardilla, enfriado por ventilador cerrado, motor clase F y unidad reductora de tornillo sin fin sellada de por vida.

**Placa giratoria:** Velocidad de salida de 6rpm, con rodamiento de bolas de una hilera de 410 mm (16°)

**Tamaño del estante:** Tamaño de bandeja de 30" x 18" (760 mm x 460 mm)

**Portador del estante:** Sistema MONO de 4 rodillos.

- Según el catálogo de EUROPAN, se tiene la tabla 2-5 contiene datos técnicos de las dimensiones de la charola.

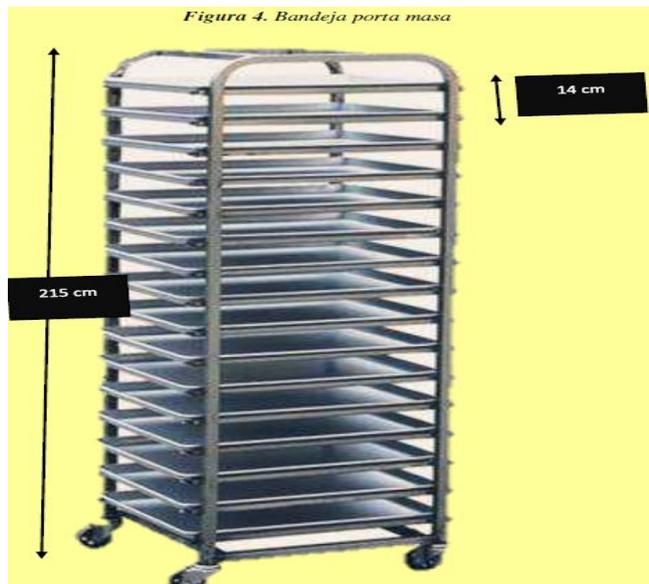
**Tabla 2-4: Información técnica del horno rotativo Avant**

Modelo Horno Avant FB 80100 SC	Ancho (mm)	Profundo (mm)	Altura (mm)	Capacidad	Potencia
1	2250	1735	2740	18 charolas de 80 x 50	3 KW

**Fuente: EUROPAN**

- Considerando a (Rudy Alfonso Rojas Leñaño & Jose Luis Hernandez Q., 2018) el carro porta bandejas será de 15 niveles, las dimensiones de las charolas a lo largo y ancho son de 90 cm x 50 cm.

Con las dimensiones de las bandejas y considerando un espacio prudente entre cada nivel de 14 cm.



**Figura 2-9:** Rejilla o porta bandeja

**Fuente:** Rudy A. Rojas Leñaño

- Según MAQUIPAN – Zuchelli la fachada del horno es de acero inoxidable AISI304 y cámara de cocción construida íntegramente en AISI430, Motores

de turbina, extracción y rotación de carro con certificación IP 54 con calidad de aislación clase H, máxima protección a nivel mundial, se muestra la siguiente tabla de características técnicas del horno rotativo:

**Tabla 2-5:** Características técnicas de horno rotativo Zuchelli

CARROS / NIVELES	(1) 80X80 / 18
SUPERFICIE DE COCCIÓN	11,5m <sup>2</sup>
CARGA MÁXIMA CARRO	120kg
TEMPERATURA MÁXIMA	+300°C
GRADIENTE SUBIDA TEMPERATURA	+12°C/MIN. SIN CARGA +6°C/MIN. CON CARGA
PANEL DE CONTROL	TOUCH SCREEN
DIMENSIONES	1332x2450x2699(H)mm
CORRIENTE ELÉCTRICA	400V/3/50HZ
POTENCIA ELÉCTRICA	47kW
PESO NETO	1150kg

**Fuente:** aibomarket.com

- Una breve descripción de las características del horno rotativo que ofrece el catálogo de ARGENCAS, una empresa que comercializa máquinas industriales tenemos los siguientes datos, de los cuales se muestra las especificaciones técnicas:

**Tabla 2-6:** Datos técnicos de horno rotativo ARGENCAS FE II – 252.

Modelo	FE II – 252
Uso Planeado	Cocción de productos de panadería / repostería
Capacidad productiva Horno	Sup. de cocción 2.52 m <sup>2</sup> - Bastidor p/ 8 bandejas 45x70/46x65/40x60
Capacidad productiva Cámara	8 estantes / 2 bandejas por estante
Carga máxima total Horno	55 kg (bastidor estándar (12 kg) + bandejas + producto)
Temperaturas máximas admisibles	300 °C
Horas de trabajo recomendadas	16 horas/día.
Corriente	Trifásica / Monofásica (c/inverter)
Voltaje	220 V / 380 V
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Potencia Térmica Máxima Instalada	20.000 Kcal/h
Consumo Máximo Gas Natural (G20)	2.4 m <sup>3</sup> /h
Consumo Máximo GLP	1.8 kg/h
Consumo Máximo Gasoil	2.2 l/h
Generador de calor Eléctrico	12 kw/h
Los consumos promedios pueden tomarse orientativamente en un 50% del máximo. Siendo estos valores que pueden fluctuar por las condiciones de uso (carga de producto, duración de la cocción, temperatura de la cocción, uso de vapor, etc.)	
Consumo Máximo Eléctrico de los Accionamientos del Horno en 380 V	0.94 Kw/h
Consumo Máximo Eléctrico de los Accionamientos de la Cámara en 380 V	0.84 kw/h
Consumo Máximo Eléctrico de los Accionamientos del Horno en 220 V	1.21 Kw/h
Consumo Máximo Eléctrico de los Accionamientos de la Cámara en 220 V	0.90 kw/h

**Fuente:** Catálogo ARGENCAS

La información que se obtenga de los catálogos, libros, sitios web estará reflejado en la descripción de diseño como algunos parámetros establecidos.

- Según la (mechanicalbooster) se tiene una tabla comparativa de la transmisión por cadena y la transmisión por correa.

**Tabla 2-7:** Diferencia entre transmisión por cadena y transmisión por correa

Informe detallado	Transmisión por correa	Transmisión por cadena
<b>Costo de instalación</b>	Se requiere menos	Más en comparación con la transmisión por correa
<b>Costo de mantenimiento</b>	Mínimo o menos	Necesita mantenimiento regular.
<b>Durabilidad</b>	Menos fuerte y duradero porque el material está hecho de caucho, caucho de tela,	Más duradero y resistente porque el material está hecho de metal.

	cuero contrachapado o material sintético.	
<b>Eficiencia</b>	Es comparativamente bajo, alrededor del 92-96%, debido a la pérdida por fricción.	Es más alto, alrededor del 95-98%, debido a que casi no hay pérdida de fricción.
<b>Lubricación</b>	No es necesario ni se usa muy a menudo.	Se necesita lubricación regular

Fuente: [www.mechanicalbooster.com](http://www.mechanicalbooster.com)

## 2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este apartado se examinan y discuten los datos en relación con los objetivos y el marco teórico establecidos, identificando patrones, tendencias y posibles explicaciones. Los métodos utilizados para el análisis fueron mixtos, empleando tanto enfoques cualitativos como cuantitativos para evaluar los datos específicos relacionados con el diseño y funcionamiento de un sistema rotativo para horno panificador.

### 2.4.1. Análisis de los Datos Obtenidos:

#### 2.4.1.1. Análisis de las características técnicas y operativas de los hornos panificadores industriales

Las especificaciones clave de los hornos industriales estáticos que actualmente se utilizan en el horneado del pan son:

- **La distribución de calor**, para ello, un horno que utiliza las 3 formas de transferencia de calor, radiación, convección y conducción es más eficiente.
- **La temperatura del horno**, el horno debe ser capaz de alcanzar temperaturas entre 150 °C hasta 250 °C.
- **Material interno**, el material del horno debe ser un material que no desprenda tóxicos, un ejemplo es el acero AISI 304.
- **Combustible**, el combustible más usado es el GLP.

- **Mantenimiento**, el mantenimiento juega un papel importante en la disponibilidad del horno, y por lo tanto en la producción, un sistema complicado requiere de mayor conocimiento para su mantenimiento.
- **Capacidad de carga**, la capacidad determina cuanto de producto se hornea durante un ciclo de cocción, las capacidades industriales varían desde 15 Kg de masa hasta 50 Kg de masa del producto.

Discusión, es importante mencionar que una buena distribución de calor ayudará a que el producto esté sometido a una misma cantidad de calor, todo el producto se encontrará en el mismo estado de cocción, la temperatura y el tiempo juegan un papel importante en la pérdida del pan a mayor temperatura, menor será el tiempo de cocción, no debe existir desprendimiento de gases tóxicos por ello el acero AISI 304 es el adecuado para estos hornos, en cuanto al mantenimiento y capacidad de carga son aspectos operativos que son necesarios para una mayor producción.

#### **2.4.1.2. Evaluación de tecnologías existentes para la conversión a sistemas rotativos**

Las tecnologías de horneado que actualmente son empleadas en la industria panificadora son:

- Horno estático, estos hornos están hechos de metal, o de ladrillo, la capacidad está en función del tamaño del horno, no tiene control de temperatura, la transferencia de calor es a radiación y convección natural.
- Horno a convección, tiene mayor capacidad de carga en un espacio más reducido, la transferencia de calor es a convección forzada.
- Horno rotativo, la transferencia de calor es radiación, convección forzada, y conducción.

Discusión, el horno rotativo lleva una amplia ventaja, debido a que cuenta con un sistema a convección forzada y un sistema rotativo, es decir es un horno a convección con un mecanismo de rotación incluida, el sistema de rotación ayuda a distribuir mejor el calor en el producto que se está horneado,

El horno rotativo realiza un ciclo de horneado en 15 minutos, lo cual es beneficioso para la producción, tiene un producto mucho más uniforme, combinando

conducción, convección forzada y radiación, permitiendo que cada producto reciba el mismo calor.

#### **2.4.1.3. Comparación de sistemas rotativos empleados en la industria panificadora**

Se determinó que el sistema de correa y poleas es la mejor opción por su simplicidad, facilidad de mantenimiento, costo y rendimiento adecuado. Este sistema, aunque no tan robusto como el de cadena y engranajes, proporciona una solución eficiente y económica.

La temperatura óptima de horneado es de 200°C, y el tiempo de cocción ideal es de 20 minutos con una velocidad de 10 rpm del rack o porta bandejas para obtener una buena calidad de pan.

#### **2.4.1.4. Diseño del Sistema Rotativo:**

El diseño del sistema rotativo utilizando el software SolidWorks se centró en mejorar la uniformidad de y el tiempo de cocción. Los resultados obtenidos muestran los materiales a usarse en la estructura se seleccionará y en las charolas es el acero inoxidable AISI 304 y AISI 316, la charola 80 x 50 cm separadas 10 cm en vertical.

#### **2.4.1.5. Análisis de mercado:**

Para comprender las condiciones actuales y potenciales en el mercado, se investigó y analizó algunos factores para evaluar la viabilidad y rentabilidad del sistema rotativo, para ello se tocan 4 puntos:

- Tamaño del mercado, el número de panificadoras que posee un horno con sistema rotativo es 5 de 8 panificadoras.
- Demanda de productos, la demanda de los hornos que cuentan con un sistema rotativo ha incrementado en estos últimos 10 años, se asume que incrementará especialmente en las microempresas panificadoras.
- Competencias, por ahora no existe empresas nacionales que provean estos hornos con sistema rotativo, según las encuestas las marcas más

comunes son hornos construidos en el extranjero, marcas como: Real – Forni, EDEN, Argencas.

- La cocción de un ciclo de pan en un horno rotativo es de 15 minutos y en un horno estático es de 25 minutos, lo que significa que en una hora se realiza 4 ciclos en un horno rotativo, y aproximadamente 3 ciclos en un horno estático.

Estas afirmaciones están respaldadas con los resultados de las encuestas, vista en ANEXO C.

#### 2.4.2. Cálculo de consumo de combustible:

El GLP tiene un poder calorífico de 11.082 Kcal/Kg y el costo de GLP es de 2.25 Bs/kg según el ANH.

Entonces se calcula con  $\eta$  (rendimiento del horno) de 100%:

$$C = Q(Kg/h) * C(Bs/Kg)$$

$$C = 7.3 \left( \frac{Kg}{h} \right) 2.25 \frac{Bs}{kg} = 16.43 Bs/hr$$

El horno con sistema rotativo realizará 32 ciclos de horneado en 8 horas, y el estático 24 ciclos, por lo que el horno estático necesita trabajar 1 hora y media para realizar el mismo volumen de horneado.

Las pérdidas por abrir y cerrar la puerta de la tabla 2-3, son de 0.0003 Kw o 2.14 Kcal/hr:

$$C = \frac{Q \left( \frac{Kcal}{h} \right)}{Pc \left( \frac{Kcal}{Kg} \right)} * C \left( \frac{Bs}{Kg} \right) * Nro \text{ de aperturas de la puerta}$$

$$C_{rotativo} = \frac{2.14 \left( \frac{Kcal}{h} \right)}{11.082 \left( \frac{Kcal}{Kg} \right)} * 2.25 \left( \frac{Bs}{Kg} \right) * 5 \text{ aperturas} = 2.172 Bs/hr$$

$$C_{estatico} = \frac{2.14 \left( \frac{Kcal}{h} \right)}{11.082 \left( \frac{Kcal}{Kg} \right)} * 2.25 \left( \frac{Bs}{Kg} \right) * 13 \text{ aperturas} = 5.648 Bs/h$$

Estos datos son aproximados, podemos observar que el número de aperturas al horno produce pérdidas de calor, y consecuentemente, de dinero.

## 2.5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El diseño del sistema rotativo para un horno de panadería industrial debe cumplir con ciertos criterios fundamentales para garantizar su funcionalidad, seguridad y eficiencia. A continuación, se detallan las principales consideraciones que guiarán el desarrollo del sistema:

### ➤ Velocidad del Sistema de Rotación:

Es esencial que el sistema de rotación tenga una velocidad aproximada a 10 rpm, para asegurar que la velocidad de calor penetre en el producto.

### ➤ Selección de Materiales:

Se priorizará el uso de materiales como el acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 conocido por su resistencia a la corrosión, durabilidad y carácter no tóxico, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria.

### ➤ Resistencia a la Fatiga y Durabilidad:

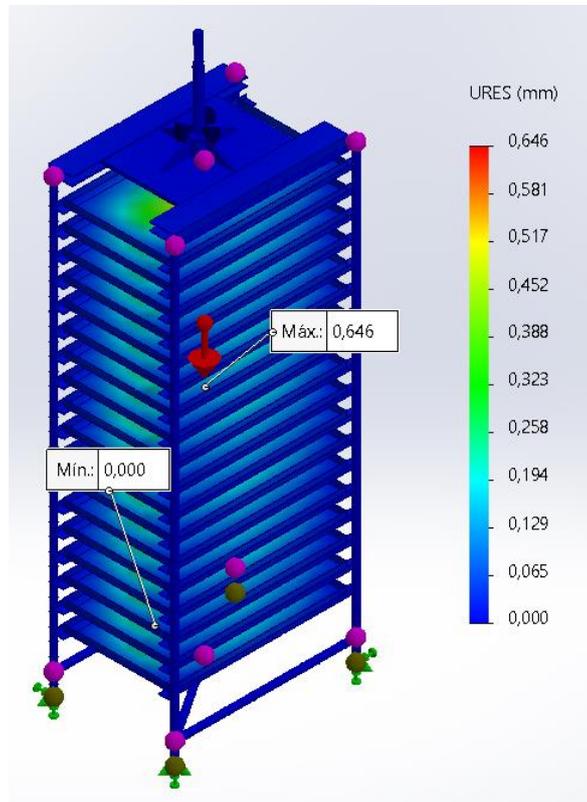
El sistema de rotación debe ser diseñado para soportar 50 kg de masa del producto, a muchos ciclos de operación prolongados sin fallar. La elección de materiales y el diseño deben estar optimizados para minimizar el desgaste y maximizar la vida útil del sistema.

### ➤ Rendimiento de los 3 sistemas rotativos:

Nro	Motor eléctrico	Reductor de velocidad	Cadena Catarina	Correa polea	Rendimiento del sistema
Sistema correa - polea	0.95	0.85	0.92		75%
Sistema correa - polea	0.95	0.85		0.96	78%
Sistema sin fin - corona	0.95	0.85			80%

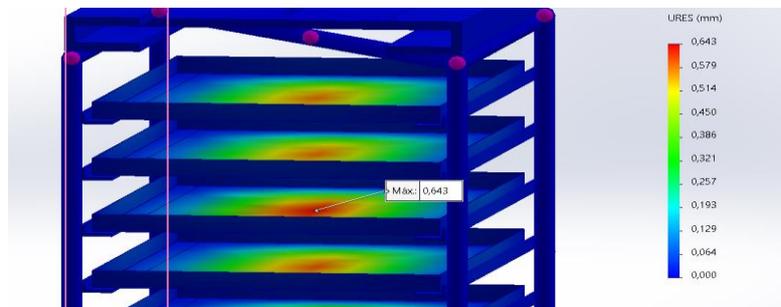
### 2.5.1. Simulación de elementos finitos:

A continuación, se muestra la simulación realizada enfatizando los puntos críticos del sistema rotativo:



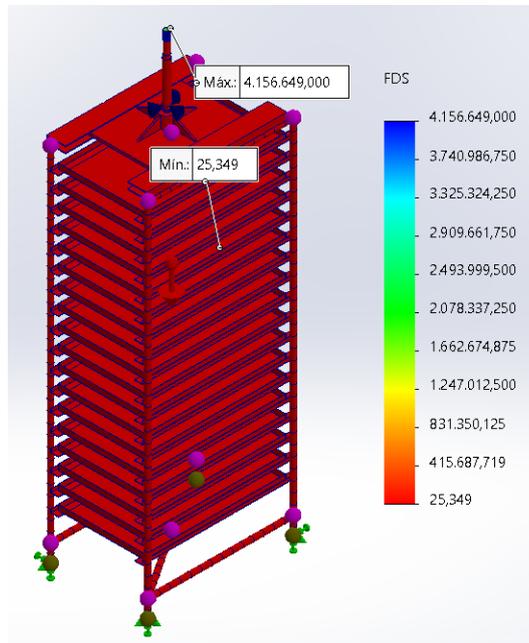
**Figura 2-10:** Desplazamiento estático del canastillo  
**Fuente:** SolidWorks

El análisis de desplazamientos en la estructura muestra que la mayoría de los componentes presentan deformaciones mínimas, lo que sugiere que la estructura tiene una rigidez adecuada. El desplazamiento máximo observado es 0.646 mm y ocurre en la parte de las bandejas, el desplazamiento mínimo es 0,000 mm.



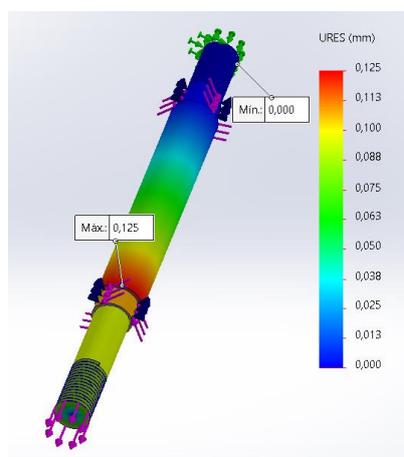
**Figura 2-11:** Desplazamiento estático de las bandejas  
**Fuente:** SolidWorks

La simulación muestra el desplazamiento estático en las charolas debido a la fuerza de 50 kg distribuida en todas las charolas, se observa los tonos rojos, con una deformación máxima de 0.643 mm, y la deformación mínima de 0.00 mm



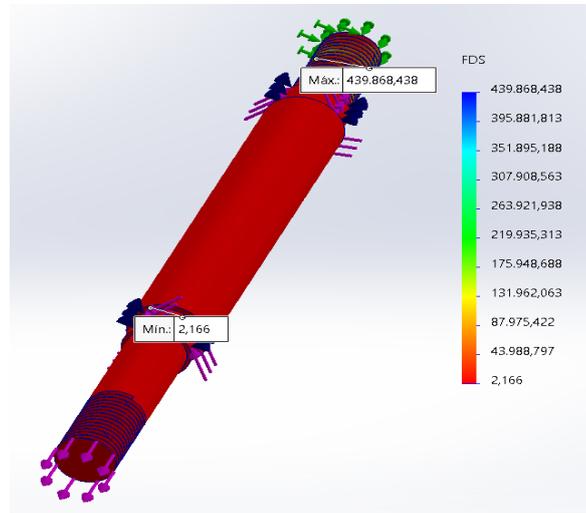
**Figura 2-12:** Factor de seguridad del canastillo  
**Fuente:** SolidWorks

El análisis del Factor de Seguridad (FDS) de la estructura revela que esta es robusta y adecuada para las cargas simuladas. El FDS mínimo de 25.349 indica que la estructura posee una resistencia requerida para soportar las cargas aplicadas, lo que sugiere un diseño con un amplio margen de seguridad.



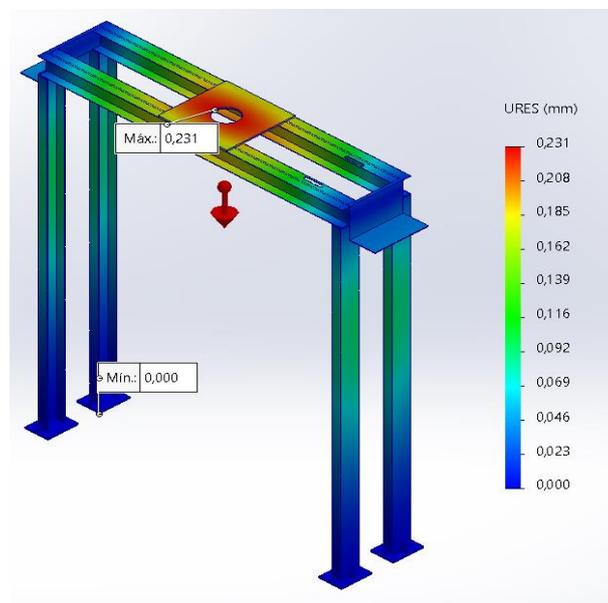
**Figura 2-13:** Desplazamiento estático de eje del canastillo  
**Fuente:** SolidWorks

El desplazamiento estático máximo del eje, es de 0.125 mm, considerando condiciones estáticas, mientras que el desplazamiento mínimo es de 0.000 mm, este resultado indica que el eje es capaz de soportar cargas torsionales.



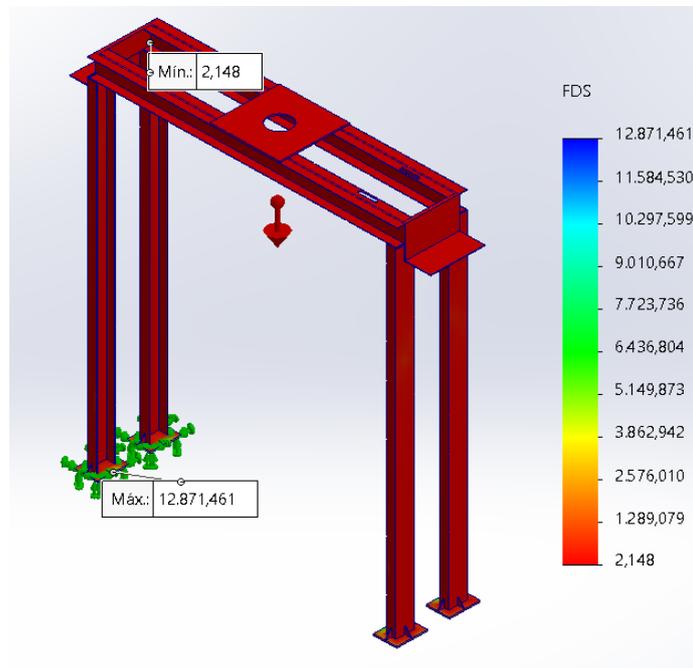
**Figura 2-14:** Factor de seguridad del eje  
**Fuente:** SolidWorks

El factor de seguridad mínimo es de 2.166, indica que el eje es capaz de resistir la fuerza de 150 kg, una torsión de 500 Nm, considerando que trabajará a temperaturas de aproximadamente 250 °C.



**Figura 2-15:** Desplazamiento estático de la estructura que soporta  
**Fuente:** SolidWorks

La simulación de la estructura que soporta el canastillo tiene un desplazamiento máximo de 0.231 mm y un desplazamiento mínimo de 0.000 mm, este resultado indica que la estructura es rígida y soportará la carga del canastillo y el producto.



**Figura 2-16:** Factor de seguridad de la estructura que soporta el canastillo.  
**Fuente:** SolidWorks

El factor de seguridad mínimo es de 2.148, indica que la estructura es capaz de resistir grandes cargas, considerando que trabajará a temperaturas de aproximadamente 150°C, y que tendrá que soportar otro tipo de cargas de instalaciones relacionadas con el horno.

### 2.5.2. Determinación de parámetros de diseño:

En este apartado, se detallarán los parámetros esenciales para el diseño del sistema rotativo para un horno de panadería industrial. Se considerarán las dimensiones de las charolas, la estructura para contener 18 charolas, la selección del motor eléctrico adecuado, la determinación de la caja reductora "clase de diplomado" y el sistema de poleas.

### 2.5.2.1. Dimensiones de las charolas:

Las dimensiones de las charolas son cruciales para asegurar una cocción uniforme y eficiente. Según las recomendaciones de Rudy Alfonso Rojas Leño, las dimensiones estándar son:

- **Dimensiones de la charola:** 80 cm x 50 cm x 3 cm
- **Separación entre charolas:** 14 cm de espacio entre charolas.
- **Material:** Acero inoxidable AISI 304, debido a su resistencia a la corrosión, su carácter inerte en contacto con alimentos y su no toxicidad.

Estas dimensiones y materiales son seguras para el contacto con alimentos y adecuadas para el ambiente de cocción del horno.

### 2.5.2.2. Determinación de la estructura de charolas para 18 charolas:

La estructura que soportará las 18 charolas debe ser robusta y estable, permitiendo una rotación uniforme dentro del horno. Los parámetros clave son:

- **Material de la estructura:** La estructura al igual que todos los elementos dentro el horno y en contacto con ambiente del producto alimenticio contará con acero inoxidable AISI 304.
- **Altura total de la estructura:** Los datos obtenidos sugieren una altura de 2.15 m, 2 m y 2.20 m, según el INE, la altura promedio de las habitantes en Bolivia es de 166 cm, tomaremos la altura de 2 m, una altura adecuada para que el encargado del horno pueda observar la calidad de la cocción y manipular la estructura.
- **Disposición de las charolas:** Dispuestas en una columna de 18 charolas, con una altura total de la estructura de 2 metros, incluyendo un espacio de 14 cm entre charolas, y de 20 cm desde el piso a la primera charola.
- **Peso máximo:** Basándonos en los catálogos de ARGENCAS, la estructura soportará un peso de 120 kg de masa del pan.

### 2.5.2.3. Selección del motor eléctrico:

Las características técnicas que recomiendan para ser capaz de soportar la carga y proporcionar el par necesario para la rotación de las charolas con la masa de pan son:

- **Potencia:** 1/2 Hp (caballo de fuerza)
- **Voltaje:** 230 / 380 V
- **Velocidad del motor:** 1500 rpm
- **Frecuencia:** 50 Hz
- **Tensión:** 220 / 440 V
- **Número de polos:** 4
- **Eficiencia energética:** IE3

### 2.5.2.4. Determinación de la caja reductora:

La caja reductora se seleccionará del catálogo de INDUSTRIAS FAMA, para reducir la velocidad del motor y aumentar el par disponible para la rotación de las charolas.

#### Datos:

- Potencia de motor eléctrico 1/2 Hp a 1500 rpm
- Horas de trabajo al día 8 hrs/día
- Tipo de trabajo Carga uniforme
- Arranque hora 25
- Relación de reducción 1/30

#### 1) Factor de servicio:

El factor de servicio se obtiene de la tabla B-1 se obtiene 1.2 – 1.4, se compara con el factor de servicio de la tabla B-2 que es 1.2, se toma el mayor valor.

$$P_{dis} = P_{ent} * F_s = 1 \text{ Hp} * 1.4 = 1.4 \text{ Hp} = 1.42 \text{ Cv}$$

#### 2) Relación de transmisión:

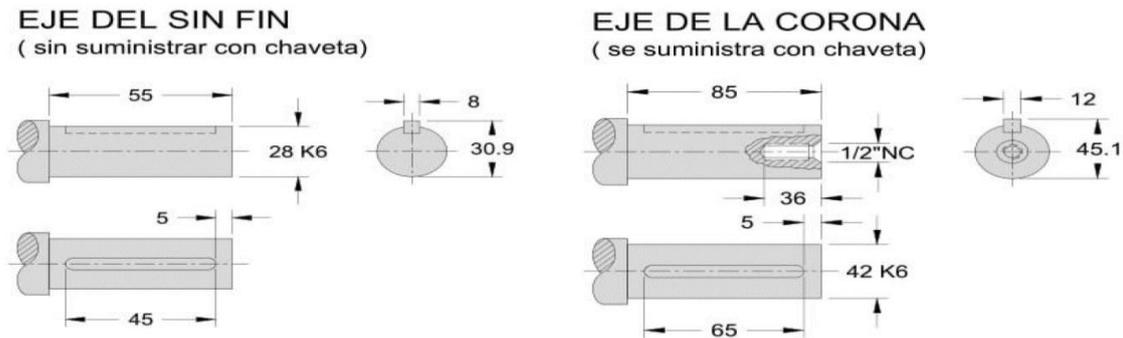
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500 \text{ rpm}}{50 \text{ rpm}} = 30$$

#### 3) Selección tentativa del modelo:

Con la relación de transmisión 30 y la potencia 1.42 Cv se selecciona de la tabla B-3 al reductor modelo VI 102, cumple los requerimientos de potencia 5.5 Cv, las capacidades técnicas se muestran en la tabla B-4.

#### 4) Características técnicas:

Se muestra los datos técnicos de los ejes de entrada y salida del reductor:



**Figura 2-17:** Especificación de los ejes de entrada y salida

**Fuente:** Industrias FAMA

La capacidad de aceite varía desde 2.3 Litros a 3.4 Litros, el peso del reductor varia desde 59 Kg a 68 Kg, esta variación se debe a la relación de transmisión.

#### 5) Eficiencia:

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} * 100\% = \frac{3.19 Cv}{3.73 Cv} * 100\% = 86\%$$

#### 6) Lubricación:

Para una sollicitación media se la tabla B-5 recomienda un grado de viscosidad para la clasificación ISO 220.

#### 7) Mantenimiento:

Después de las primeras 200 horas de funcionamiento, vaciar el aceite del reductor, con el fin de liberar las partículas provenientes del mecanizado.

Cada 2500 horas de trabajo efectivo sustituir el aceite.

#### Resumen de la selección:

- **Relación de reducción:** 1/30, reduce la velocidad de 1500 rpm a 50 rpm.
- **Potencia de entrada:** 3.73 Kw.

- **Potencia de salida:** 3.19 kw.
- **Par de salida:** 622 Nm.
- **Normas:** Chavetero en el eje de salida bajo las normas DIN 6885.
- **Componentes:** Un sinfín en la entrada y un engranaje en el eje de salida.

#### 2.5.2.5. Determinación del sistema de poleas y correa:

A continuación, se determina el sistema de poleas con los siguientes datos:

##### Datos:

Potencia transmitida = 0.5 Hp

Velocidad de entrada = 50 rpm

Velocidad de salida = 10 rpm

Diámetro de entrada = 10 cm = 3.94 in

##### 1) Potencia de diseño:

El factor de servicio es 1.2, según la tabla B-6

$$P_{dis} = P_{ent} * F_s = 0.5 \text{ Hp} * 1.2 = 0.6 \text{ Hp}$$

##### 2) Selección de la sección de la banda:

De la figura B-1 se selecciona la **correa 3V**.

##### 3) Relación de velocidad:

$$v_R = \frac{n_1}{n_2} = \frac{50 \text{ rpm}}{10 \text{ rpm}} = 5$$

##### 4) Tamaño tentativo del diámetro D2:

$$v_R = \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = v_R * D_1 = 5 * 3.94 \text{ in} = 19.7 \text{ in}$$

##### 5) Potencia nominal de la banda:

De la figura B-2 determinamos la potencia nominal que la banda soportará.

$$P_{nom} = 1.2 \text{ Hp}$$

**6) Distancia entre centros C:**

La distancia entre centros C se estima de acuerdo a la siguiente relación:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

$$19.7 \text{ in} < C < 3(19.7 \text{ in} + 3.94 \text{ in})$$

$$19.7 \text{ in} < C < 70.92 \text{ in}$$

$$C = 30 \text{ in}$$

**7) Longitud de la banda:**

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2 * 30 \text{ in} + 1.57(19.7 \text{ in} + 3.94 \text{ in}) + \frac{(19.7 \text{ in} - 3.94 \text{ in})^2}{4 * 30 \text{ in}}$$

$$L = 101.8 \text{ in}$$

**8) Selección de longitud de la banda y recálculo de la distancia entre centros:**

De la tabla B-7 la longitud estándar de la correa es L=100 in es la longitud, y la nueva distancia entre centros está dada por:

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1) = 4 * 100 \text{ in} - 6.28(19.7 \text{ in} + 3.94 \text{ in}) = 251.5 \text{ in}$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} = \frac{251.5 \text{ in} + \sqrt{(251.5 \text{ in})^2 - 32(19.7 \text{ in} - 3.94 \text{ in})^2}}{16}$$

$$C = 29.03 \text{ in}$$

**9) Cálculo del ángulo de contacto en la polea motriz:**

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1}\left(\frac{D_2 - D_1}{2C}\right) = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1}\left(\frac{19.7 \text{ in} - 3.94 \text{ in}}{2 * 29.03 \text{ in}}\right) = 155^\circ$$

El ángulo de contacto es aceptable, no debe ser menor a 120°.

**10) Factores de corrección C<sub>θ</sub> y C<sub>L</sub>:**

De la figura B-3 y la figura B-4, lo factores de corrección para C<sub>θ</sub> = 0.92 y C<sub>L</sub> = 1.08

**11)Potencia corregida y cantidad de bandas:**

$$P_{corregida} = P_{nom} * C_{\theta} * C_L = 1.1 \text{ Hp} * 0.92 * 1.08 = 1.093 \text{ Hp}$$

$$Nro \text{ de bandas} = \frac{P_{dis}}{P_{corregida}} = \frac{0.6 \text{ Hp}}{1.092 \text{ Hp}} = 0.56 = 1 \text{ banda}$$

**12)Eficiencia del sistema:**

$$\eta = \frac{P_{ent} - P_{per.}}{P_{ent}} * 100\% = \frac{0.9 \text{ Hp} - 0.9 \text{ Hp} * 0.09}{0.9 \text{ Hp}} * 100\% = 91\%$$

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. CONCLUSIONES:

Tras analizar las características técnicas de los hornos industriales panificadores, se identificaron varios factores críticos que influyen en la calidad y tiempo de cocción, como la distribución del calor, el control de temperatura y la capacidad del horno. Las características operativas que se identificaron son: Facilidad de uso, mantenimiento y disponibilidad.

La evaluación de las tecnologías actuales revela que existen 3 tipos de hornos utilizados en la industria, hornos estáticos, a convección y rotativos, el estudio demuestra que los hornos que cuentan con sistemas rotativos son más eficientes en términos de distribución y eficiencia energética. Los hornos a convección son más viables para implementar un sistema rotativo.

Se analizaron diferentes sistemas de rotación, concluyendo que el sistema de correa y poleas es la mejor opción debido a su simplicidad, fácil mantenimiento y rendimiento adecuado.

El diseño propuesto de un sistema rotativo para hornos industriales estáticos cumple con los objetivos planteados, al proporcionar una solución que mejora la uniformidad de cocción y reduce los tiempos de producción. Las tecnologías evaluadas y los sistemas comparados confirman que la conversión a un sistema rotativo trae beneficios tanto en términos de calidad del producto como de eficiencia operativa.

### **3.2. RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda la instalación de un sistema rotativo en hornos a convección debido a que cuentan con un sistema de flujo de aire caliente.
- Se recomienda realizar un plan de mantenimiento preventivo, esto ayudará a prolongar la vida útil del equipo y a garantizar su funcionamiento óptimo.
- Se recomienda realizar inspección visual de la correa, verificando que no se encuentre con fisuras.
- Se recomienda limpiar el espacio de trabajo del sistema rotativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfredo M. Verdegay. (2000). *Innovación tecnológica en panadería: las razones de un retraso*. <https://www.ub.edu/geocrit/sn-69-15.htm>
- Domínguez Castañeda Jorge. (2021). *Diseño de horno rotatorio a combustión de gas para 30 queques de kilo*. [www.udocz.com](http://www.udocz.com)
- Edson Quintanar. (2023). *PAN. Historia, Ciencia y Arte: una deliciosa aventura* (Edson Quintanar, Ed.). [https://www.google.com.bo/books/edition/PAN\\_Historia\\_Ciencia\\_y\\_Arte\\_una\\_delicios/12ynEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.bo/books/edition/PAN_Historia_Ciencia_y_Arte_una_delicios/12ynEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Eduardo Acosta. (2016). *História de la evolución del pan*. Mundopán. <https://mundopan.es/historia-de-la-evolucion-del-pan-hasta-hoy/>
- Equipment Limited, M. (2017). *Installation and Operation Manual: Mono MX Eco-touch Controlled Rotary Rack Ovens (UK) - Electric*. [www.monoequip.com](http://www.monoequip.com)
- Eugen Andreescu. (2018). *Tipos de hornos para panadería: descubre todas sus características*. HostelMarkt. <https://www.hostelmarkt.com/actualidad-hosteleria/tipos-de-hornos-para-panaderia/>
- EUROPAN. (2019, October 19). *¿QUE TIPO DE HORNO ES MEJOR: ROTATIVO O DE PISO?* EUROPAN S.A.
- Gabriel Gironi. (1908). *La Panadería* (Editorial Maxtor, Ed.). [https://www.google.com.bo/books/edition/La\\_panader%C3%ADa/X-7X-xcs044C?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.bo/books/edition/La_panader%C3%ADa/X-7X-xcs044C?hl=es-419&gbpv=0)
- Gabriela Giovagny Barrionuevo Mendoza. (2015). Manual de panificación. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grogman Tacna . Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 1–27.
- Gluten Morgen Español. (2023, April 19). *Bake Off: ¡Descubre la temperatura ganadora para el mejor pan casero!* [Video recording]. You Tube.
- Jessica Candia. (2022). *Panaderia Industrial Operaciones Unitarias*.
- Juvinall R. C. & Marshek K. M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design* (5th ed). Wiley.
- Luis Callupe Ramirez. (2019, May 14). *La gran diferencia de hornear en un horno rotativo ya uno a ladrillo* [Video recording]. [https://www.youtube.com/watch?v=T\\_PC3ITV1po](https://www.youtube.com/watch?v=T_PC3ITV1po)
- Mott Robert L. (2004). *Machine elements in mechanical design* (4th ed.). Pearson/Prentice Hall.
- Norberto M. Seoane. (2007). *Cómo Construir Hornos de Barro* (Imaginador, Ed.).
- Pilar Corporán. (2010). Panadería. *INFOTEP*, 1–30.
- Rudy Alfonso Rojas Leño, & Jose Luis Hernandez Q. (2018). DISEÑO DE UN HORNO ROTATIVO PARA PANADERÍA SAN JOSE. *UMSA*, 1–150.

- Sanusi, M. S., Sunmonu, M. O., Adepoju, A. L., Abodunrin, T. O., & Ajibade, H. A. (2020). Development and evaluation of the operational parameters of a rotary oven. *Nigerian Journal of Technological Development*, 17(4), 239–249. <https://doi.org/10.4314/njtd.v17i4.1>
- Shigley J. E. & Uicker J. J. (2011). *Theory of Machines and Mechanisms* (4th ed.). Oxford University Press.

## ANEXOS

### ANEXO A: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPO.

Adquisición	Características técnicas	
Motor eléctrico	Potencia Frecuencia Número de polos Tensión Velocidad	½ Hp 50 Hz 4 polos 220 / 380 V 1500 rpm
Reductor de velocidad	Configuración Relación de transmisión Chavetero	Tornillo sin fin y corona 1/30 DIN 6885
Polea pequeña	Número de rieles Material Diámetro	2 rieles Aluminio 10 cm
Polea grande	Número de rieles Material Diámetro	2 rieles Hierro fundido 50 cm
Correa	Clase de trabajo Horas de servicio Superficie de contacto	Pesado De 10 a 16 horas Sin dientes
Carro porta bandejas	Número de charolas Material Ruedas resistentes al calor Altura	18 unidades Acero inoxidable AISI 304 4 unidades 200 cm
Charola o bandeja	Dimensiones Material	80 cm x 50 cm x 3 cm Acero inoxidable AISI 304
Estructura que soporta el sistema de rotación.	Material	ASTM A36

## ANEXO B: TABLAS Y FIGURAS DE SELECCIÓN Y DISEÑO.

A continuación, se muestra las tablas y figuras para la selección y diseño del sistema rotativo:

**Tabla B-1:** Coeficiente de servicio en función de horas de trabajo.

Horas Trabajo	Carga uniforme	Carga variable	Carga con choque
3 - 4	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.5 - 1.8
8 - 10	1.0 - 1.2	1.2 - 1.4	1.8 - 2.1
24	1.2 - 1.4	1.5 - 1.8	2.0 - 2.4

**Fuente:** Industrias FAMA.

**Tabla B-2:** Coeficiente de servicio en función del número de arranques.

Arranques hora	Coef.
5	1.0
25	1.2
100	1.4
500	1.6
1000	1.8

**Fuente:** Industrias FAMA.

**Tabla B-3:** Características de potencia.

relac. R=1		rpm salid.	Modelo VI 102			Modelo VI 130			Modelo VI 155			Modelo VI 180			Modelo VI 200		
F	Real		Kw <sub>1</sub>	Cv <sub>1</sub>	Nm	Kw <sub>1</sub>	Cv <sub>1</sub>	Nm	Kw <sub>1</sub>	Cv <sub>1</sub>	Nm	Kw <sub>1</sub>	Cv <sub>1</sub>	Nm	Kw <sub>1</sub>	Cv <sub>1</sub>	Nm
7.5	7.3	240	9.9	13.3	366	17.9	24.2	669	27.6	37.3	1060	44.5	60.2	1719	61.6	83.2	2373
10	9.7	180	8.3	11.2	406	16.4	22.2	811	22.8	30.7	1144	33.6	45.4	1698	51.5	69.6	2603
12.5	12.5	144	6.9	9.4	427	13.3	18.0	825	21.3	28.7	1328	32.1	43.4	2020	45.1	61.0	2846
15	15.5	120	6.7	9.1	512	11.2	15.1	869	19.0	25.7	1419	26.9	36.3	1999	35.8	48.4	2684
20	20.5	90	5.4	7.3	536	9.4	12.7	942	15.1	20.5	1544	21.3	28.7	2166	27.5	37.1	2834
25	25.5	72	4.5	6.1	523	7.5	10.2	898	12.6	17.0	1509	18.7	25.2	2247	24.3	32.8	2949
30	30.5	60	4.1	5.5	491	7.1	9.6	1006	11.3	15.3	1634	15.7	21.2	2248	21.3	28.8	3093
35	35	52	3.7	5.0	578	6.2	8.4	1002	9.9	13.3	1623	14.2	19.2	2357	16.8	22.7	2865
40	40	45	3.1	4.2	560	5.6	7.6	1016	9.1	12.3	1678	13.6	18.4	2532	17.2	23.3	3274
45	45	40	2.8	3.7	545	4.9	6.7	994	8.4	11.3	1705	11.6	15.7	2414	15.7	21.2	3303
50	50	36	2.5	3.3	529	4.4	6.0	984	7.2	9.8	1623	11.6	15.6	2621	17.1	23.1	3952
60	60	30	2.2	3.0	555	3.7	5.0	937	6.0	8.2	1577	8.9	12.0	2376	14.7	19.9	3968
70	70	26	2.0	2.7	559	3.2	4.3	917	5.0	6.8	1456	6.9	9.3	2038	10.7	14.5	3247

**Fuente:** Industrias FAMA.

**Tabla B-4:** Capacidades de funcionamiento.

Rev/min	Relacion nominal	7.5	10	20	30	40	50	60	70
Entrada	Relacion Real	29.4	29.3	41.2	30.1	40.1	50.1	60.1	70.1
<b>1800</b>	<b>Velocidad de salida</b>	<b>240</b>	<b>180</b>	<b>90</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>25.7</b>
	Entrada kw	9.85	8.28	5.37	4.1	3.13	2.46	2.24	2.01
	Salida kw	9.33	7.76	4.83	3.03	2.59	1.95	1.72	1.48
	Par de salida Nm.	366	406	536	491	560	529	555	559
<b>1500</b>	<b>Velocidad de salida</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>75</b>	<b>50</b>	<b>37.5</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>21.4</b>
	Entrada kw	9.18	7.53	5.00	3.73	2.91	2.31	2.09	1.94
	Salida kw	8.65	7.04	4.45	3.19	2.37	1.81	1.57	1.40
	Par de salida Nm.	408	448	591	622	615	585	613	624

Fuente: Industrias FAMA.

**Tabla B-5:** Tabla de lubricación recomendada.

Marca	Clase aceite	Viscosidad según funcionamiento			Tamaño Reductor Horizontal	Cantidad aprox. en Litros	Peso en Kg del reductor PH
		Suave	Medio	Alto			
ESSO MOBIL SHELL TEXACO	Spartan Mobilgear Macoma Meropa	150	220	320	PH. 120 - 220	0.5	12
					PH. 130 - 230	1.0	20
					PH. 140 - 240	2.0	34
					PH. 145 - 245	3.5	48
					PH. 150 - 250	5.0	62
					PH. 260	8.5	125
					PH. 280	12.0	230
					PH. 290	19.0	350

Fuente: Industrias FAMA.

**Tabla B-6:** Factor de servicio para bandas V.

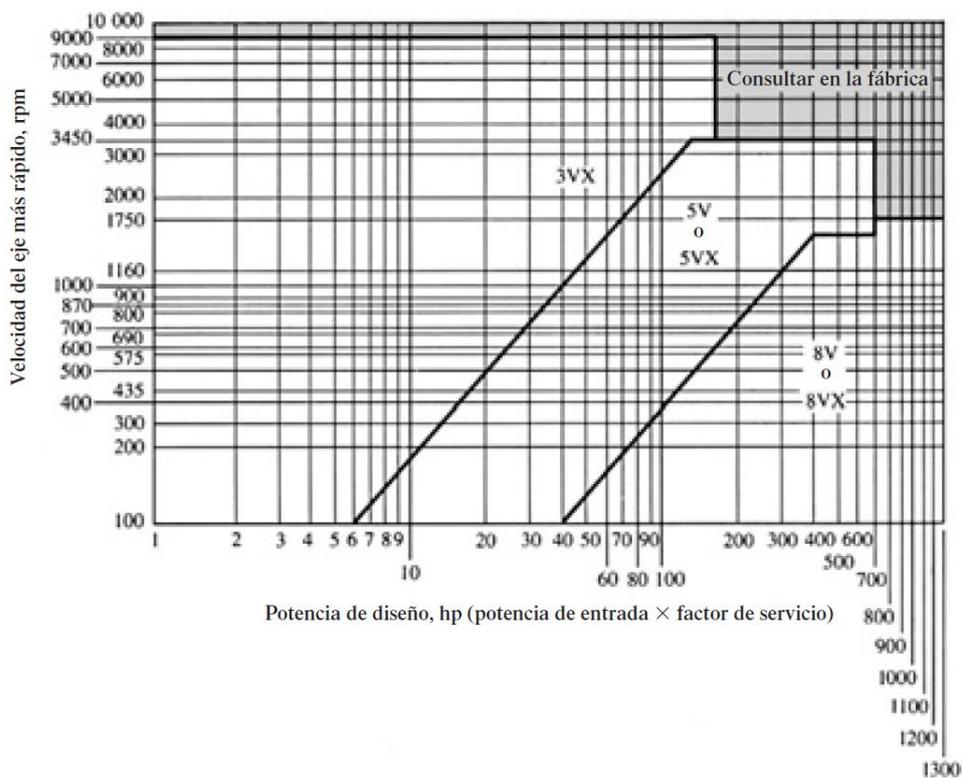
Tipo de máquina impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: par torsional normal <sup>a</sup> Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros			Motores de CA: Alto par torsional <sup>b</sup> Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Fuente: Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).

**Tabla B-7:** Longitudes de bandas estándar 3V, 5V y 8V (pulgadas).

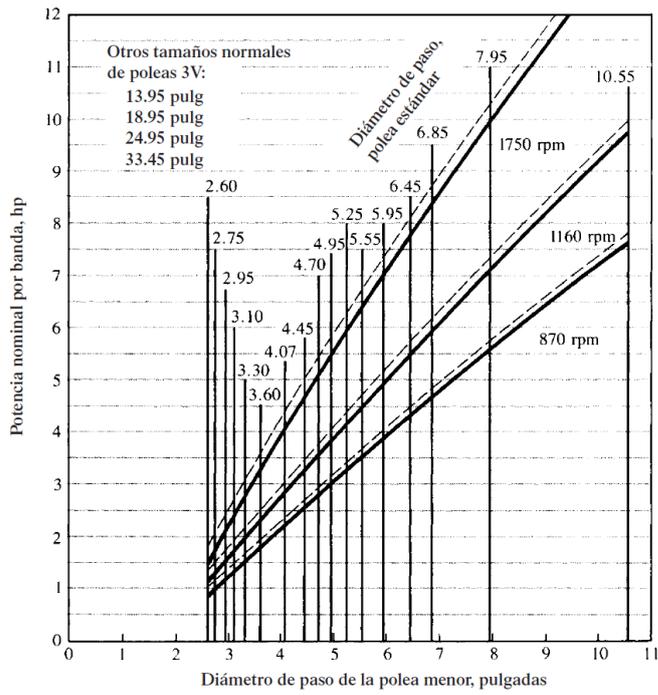
Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	

**Fuente:** Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).



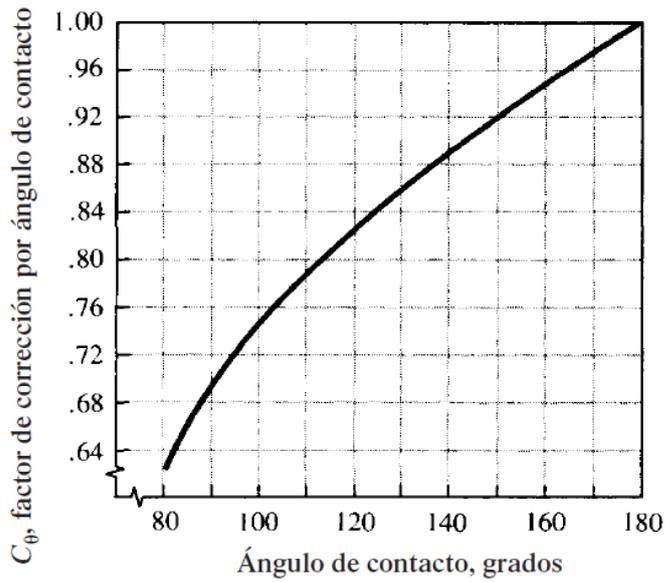
**Figura B-1:** Gráfica para la selección de bandas en V industriales de sección angosta (Dayco corp., Dayton OH.).

**Fuente:** Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).



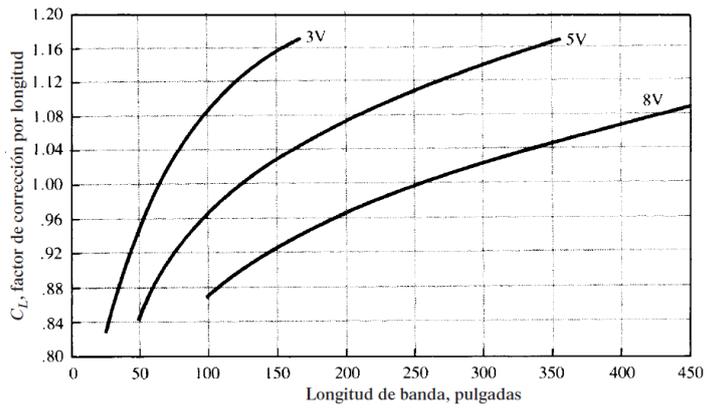
**Figura B-2:** Capacidades: bandas 3V.

**Fuente:** Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).



**Figura B-3:** Factor de corrección por ángulo de contacto.

**Fuente:** Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).



**Figura B-4:** Factor de corrección por longitud de banda.

**Fuente:** Diseño de elementos de máquinas (Mott R.).

## ANEXO C: CUESTIONARIO

1. ¿Como se llama la panificadora?
2. ¿Qué tipos de horno utilizas?
  - a. ESTATICO
  - b. CON SISTEMA ROTATIVO
  - c. COVECCIÓN
3. ¿De qué marca es tu horno?
  - a. EDEN
  - b. REAL FORNI
  - c. LADRILLO
4. ¿Cuántas horas trabaja el horno durante el día?
5. ¿Cómo es la seguridad de las personas durante le horneado?
  - a. BUENA
  - b. MEDIA
  - c. MALA
6. ¿Cuál es su fuente de energía?
  - a. LEÑA
  - b. GAS GLP
  - c. ELECTRICIDAD
7. ¿En cuánto tiempo está listo el pan de batalla (horneado)?
8. ¿Tienen el mismo tono de color?
  - a. UNIFORME
  - b. NO UNIFORME
9. ¿Cuántas unidades de la masa del pan de batalla entra en cada charola?
10. ¿Cuál es el peso del pan antes y después?
11. ¿El horno ocupa mucho espacio?

### Respuestas:

¿Como se llama la panificadora?

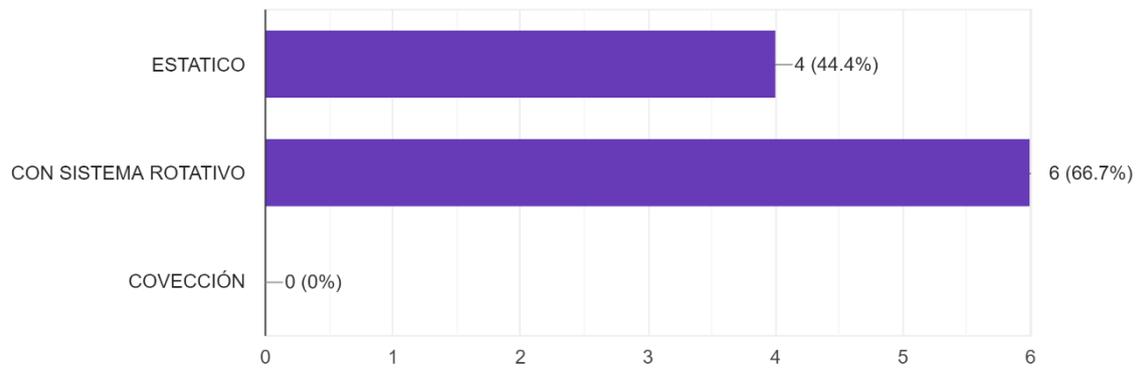
9 respuestas

SPIGA DELI

INPASEP  
DELIPAN  
COPACABANA  
LEAÑO  
SUYO  
PENCOS PENQUITOS  
SOFIA  
SPIGADELI SUCURSAL

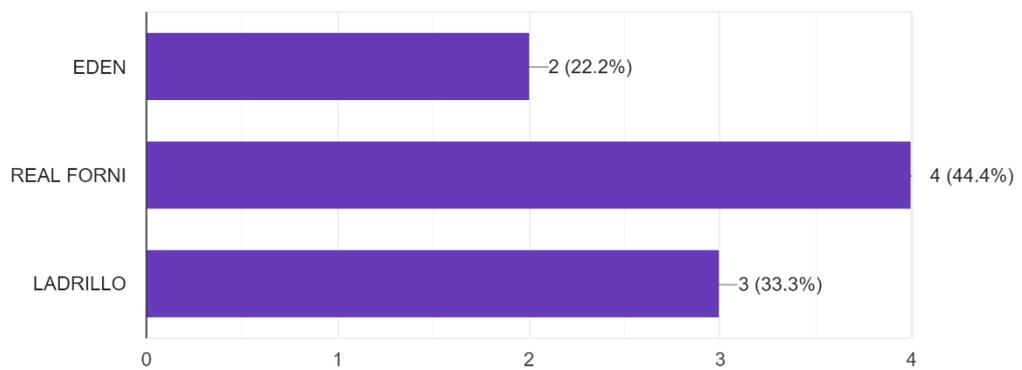
¿Qué tipos de horno utilizas?

9 respuestas



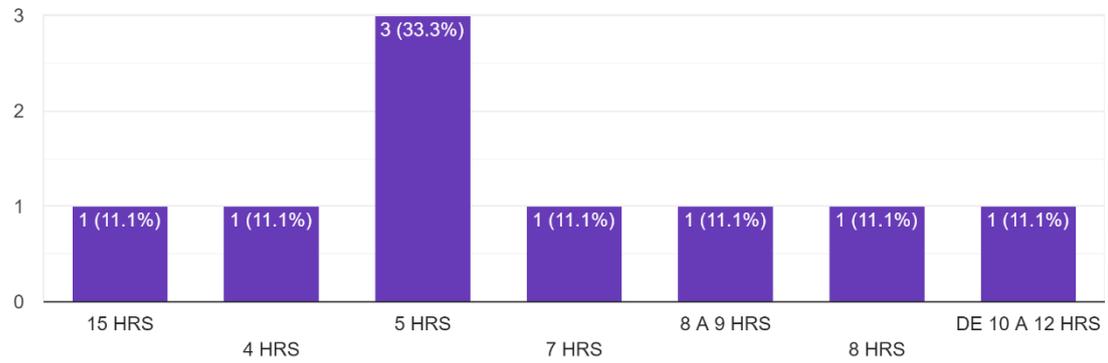
¿De que marca es tu horno?

9 respuestas



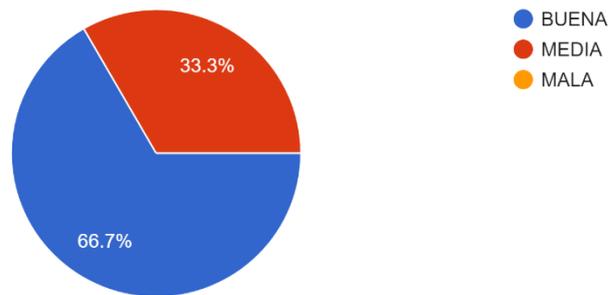
### ¿Cuántas horas trabaja el horno durante le día?

9 respuestas



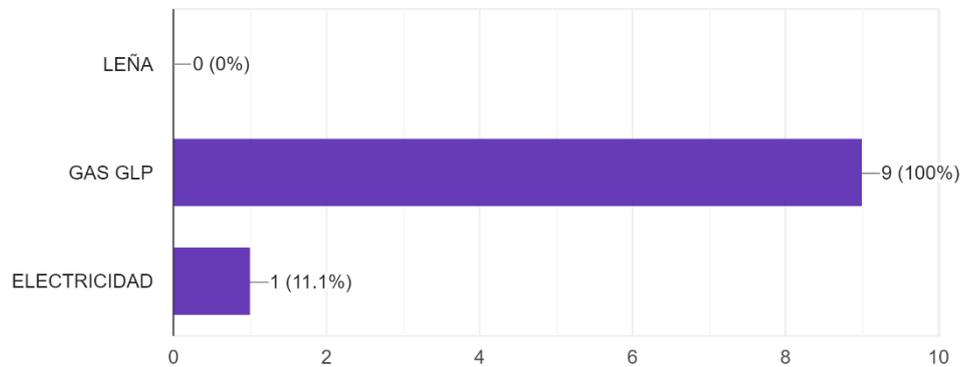
### ¿como es la seguridad de las personas durante le horneado?

9 respuestas



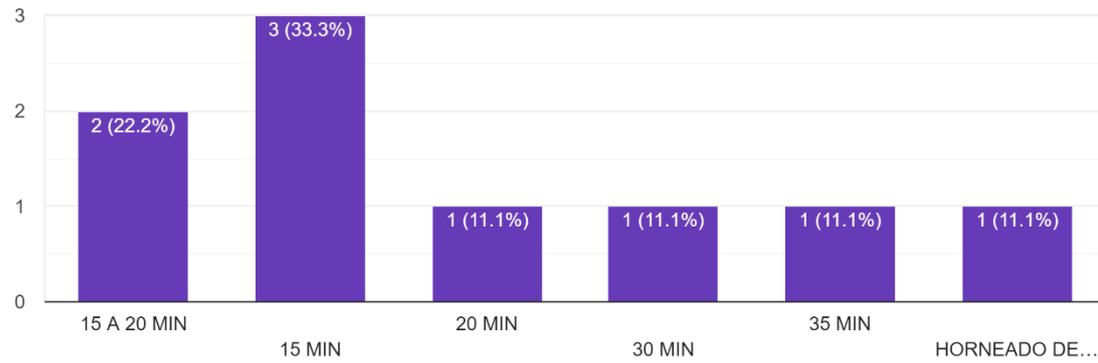
### ¿Cuál es su fuente de energía?

9 respuestas



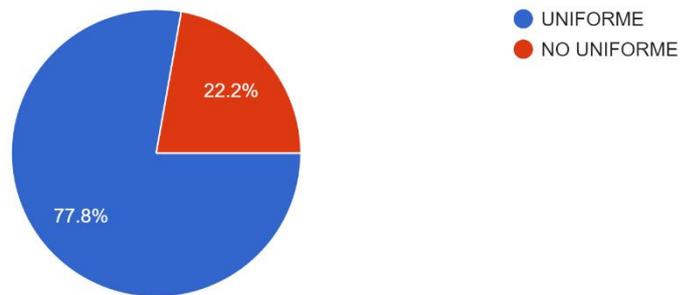
¿En cuanto tiempo está listo el pan de batalla (horneado)?

9 respuestas



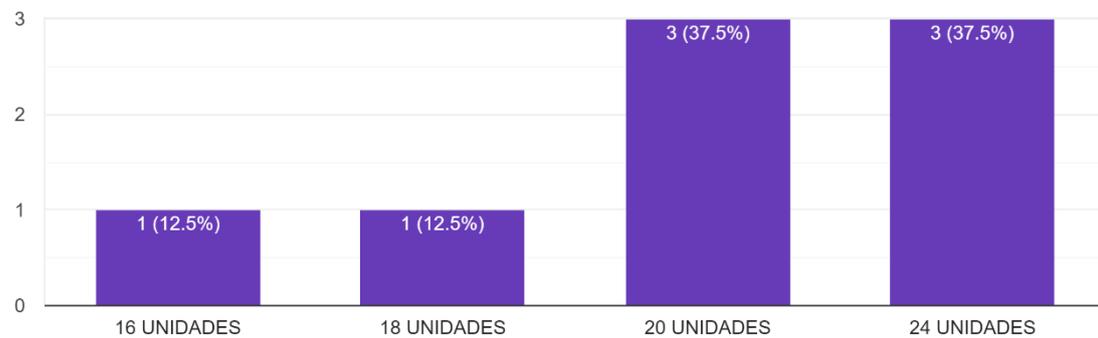
¿tienen el mismo tono de color?

9 respuestas



¿Cuántas unidades de la masa del pan de batalla entra en cada charola?

8 respuestas



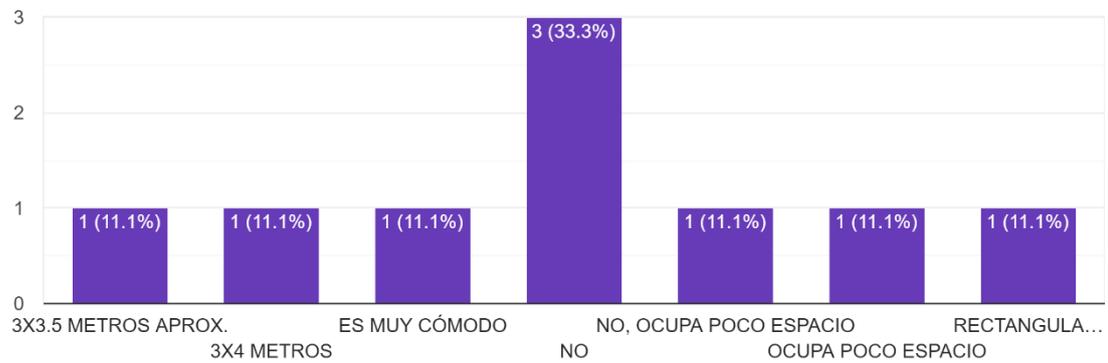
¿Cuál es el peso del pan antes y después?

8 respuestas

60 g ANTES - 51 g DESPUÉS  
ENTRA CON 60g Y SALE CON 50g  
55g ENTRA Y SALE CON 50g  
ENTRA CON 70 g Y SALE CON 60 g  
ENTRA CON 70g Y SALE CON 65g  
50g ANTES Y 45 g DESPUÉS  
45 g ENTRA - 40 g SALE  
ENTRA CON 60g Y SALE CON 54g

¿El horno ocupa mucho espacio?

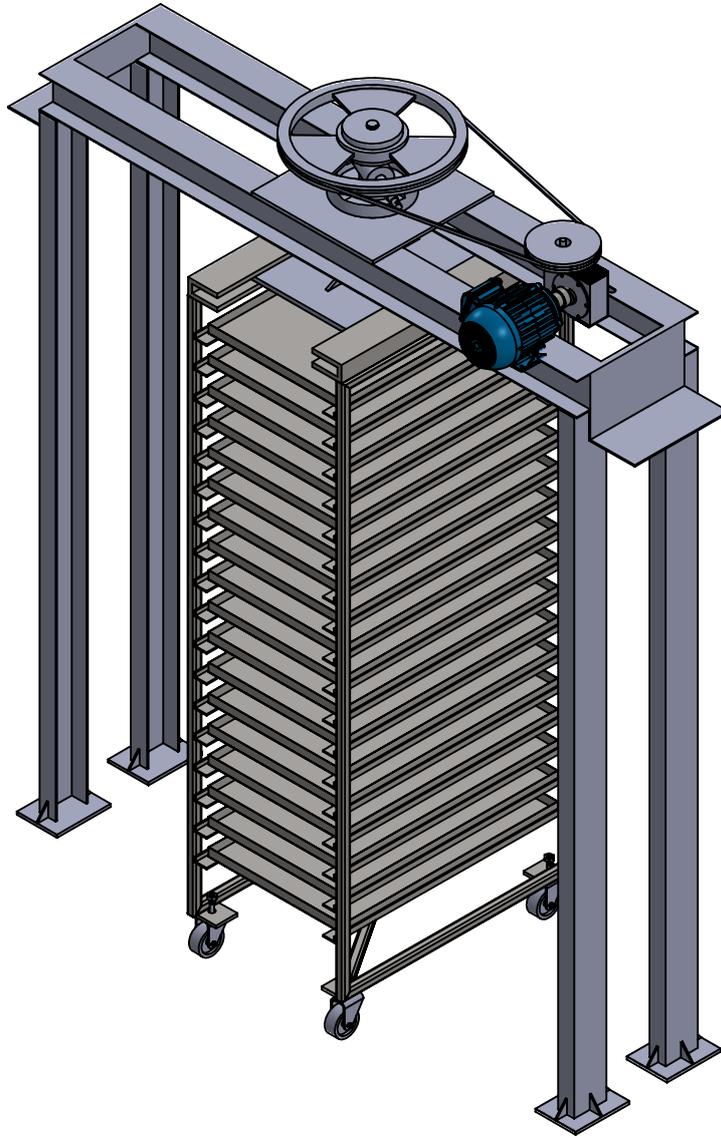
9 respuestas



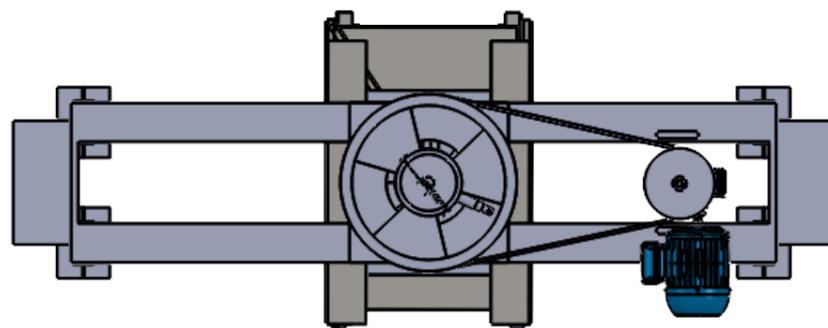
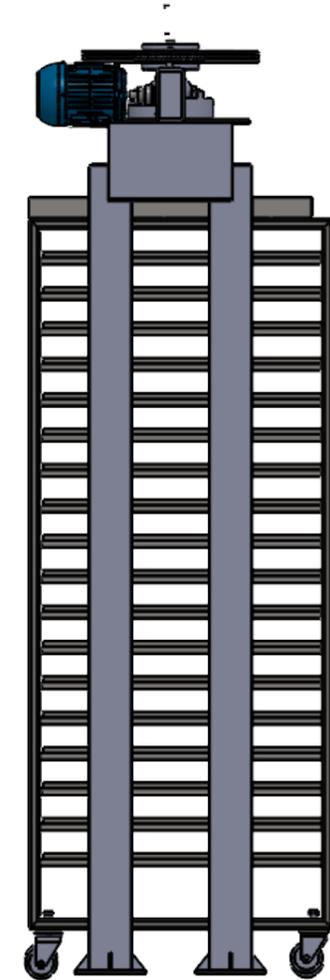
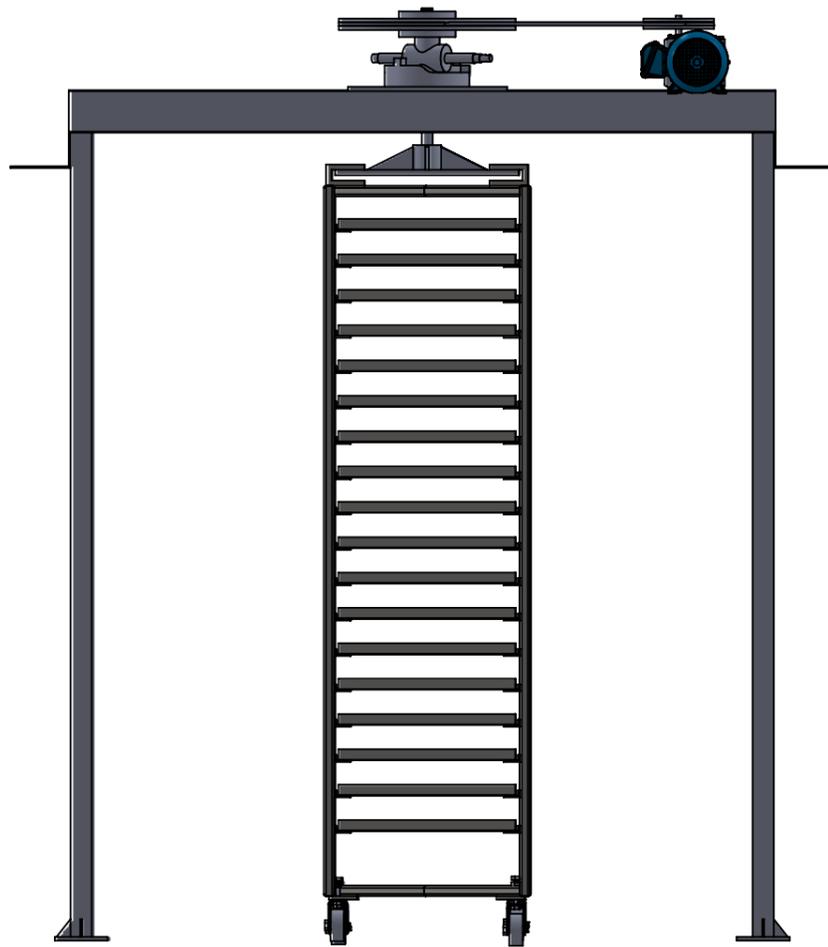
## ANEXO D: COSTOS

ITEM	Construcción		Adquisición	Unidades	Total
Motor eléctrico 1/2Hp			110 USD	1 u	110 USD
Reductor de velocidad			150 USD	1 u	150 USD
Polea pequeña	Mecanizado		10 USD	1 u	10 USD
Polea grande	Mecanizado	40 USD		1 u	40 USD
Correa			50 USD	1 u	50 USD
Eje de transmisión	Mecanizado	70 USD		2 u	140 USD
Carro porta bandejas	Soldadura	250 USD		1 u	250 USD
Rodamientos			40 USD	2 u	80 USD
Charola o bandeja	Mecanizado	15 USD		18 u	270 USD
ASTM A36			2 USD/Kg	23 Kg	46 USD
AISI 304			4 USD/Kg	84 Kg	336 USD
AISI 316			5 USD/Kg	0.5 Kg	2.5 USD
					1500 USD

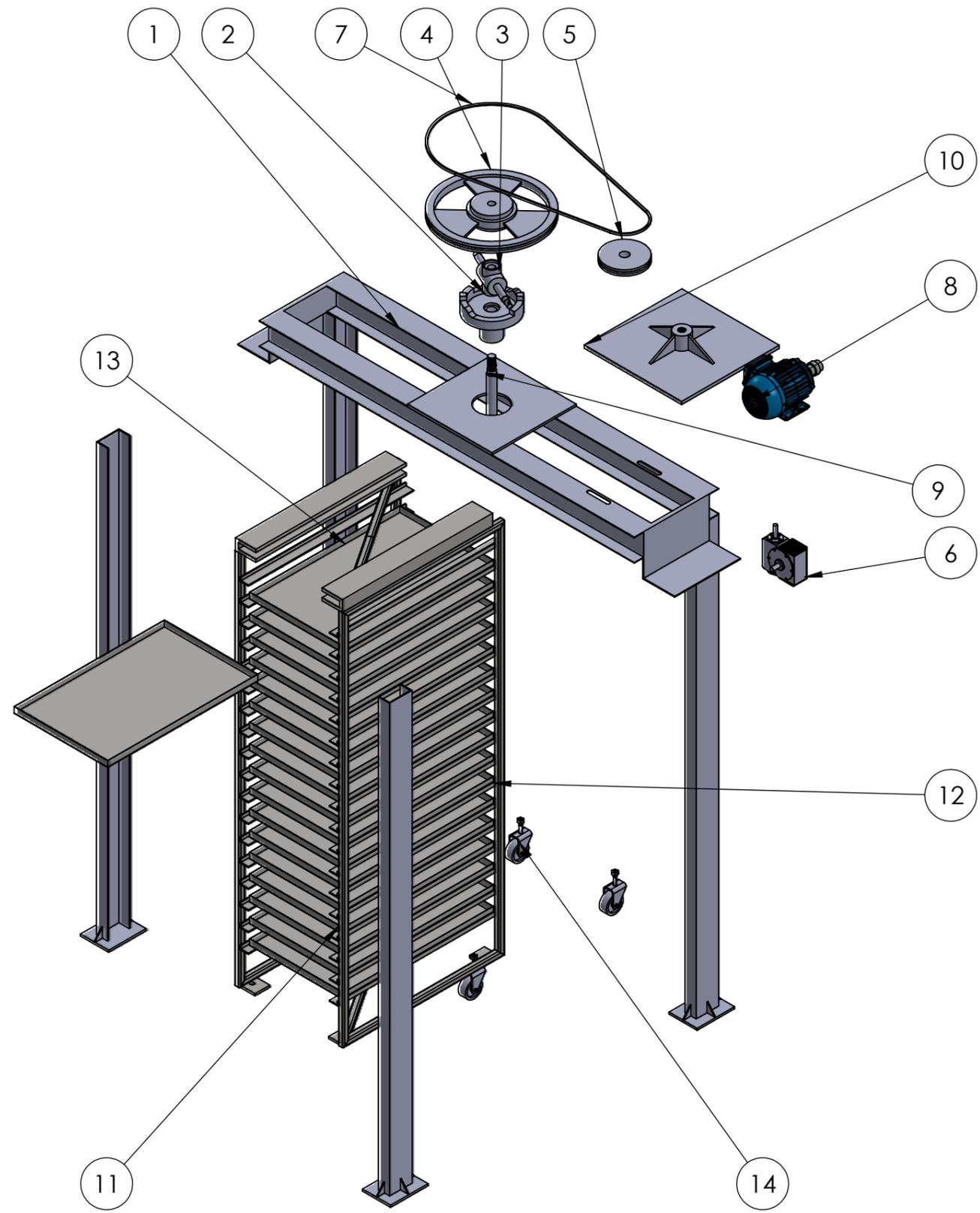
**ANEXO E: PLANOS DE DISEÑO**



Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:20			CLIENTE:	
	ENSAMBLE GENERAL			MATERIAL:	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO:	
Rug.:				1/26	

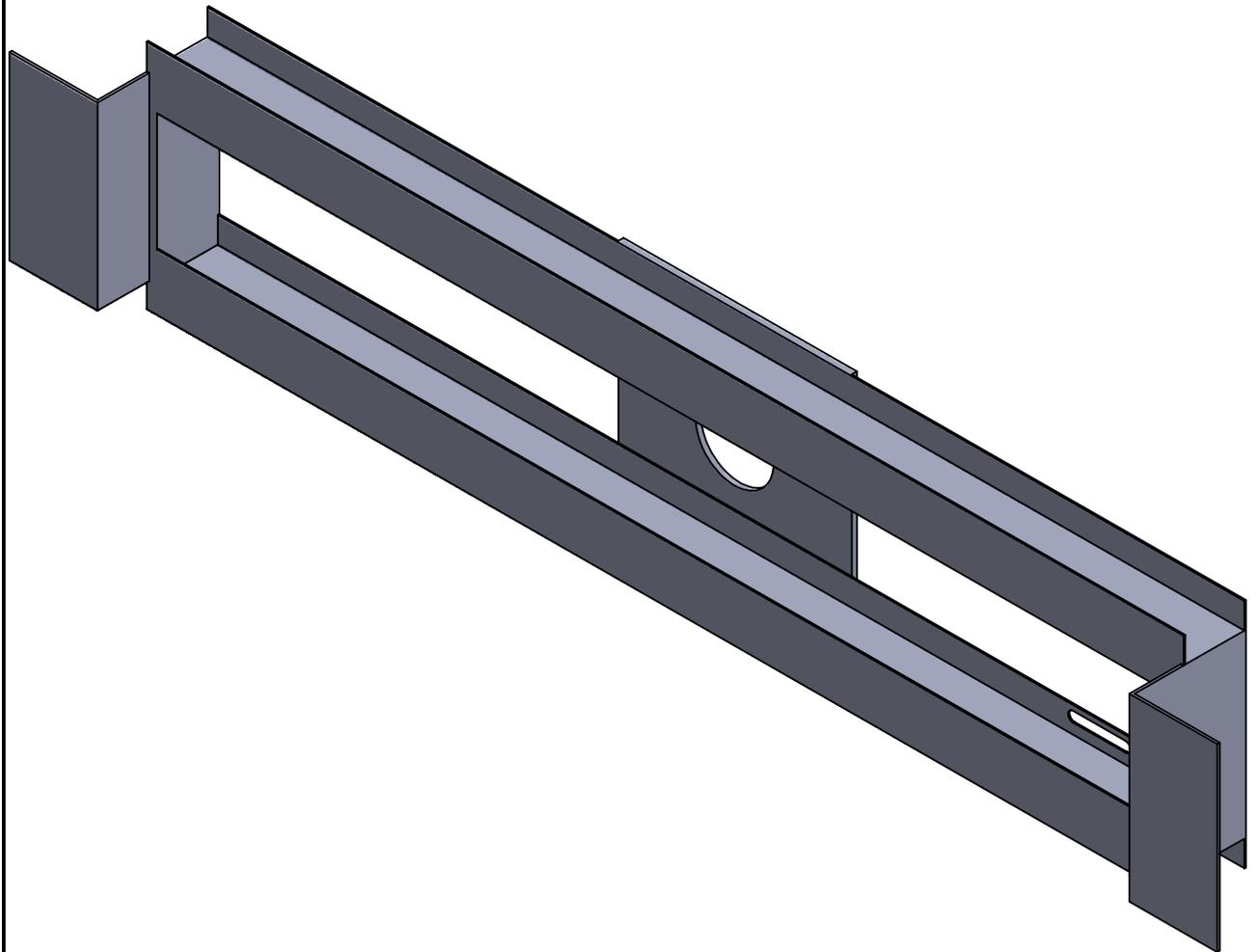


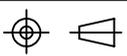
Observaciones:	Dibujo:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION	
	Revisado:	16/4/24	Elmer D.R.		
	Aprobado:				
	Escala:	1:20		CLIENTE:	
		ENSAMBLE GENERAL VISTAS		MATERIAL:	
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO:		
Rug.:			2/26		

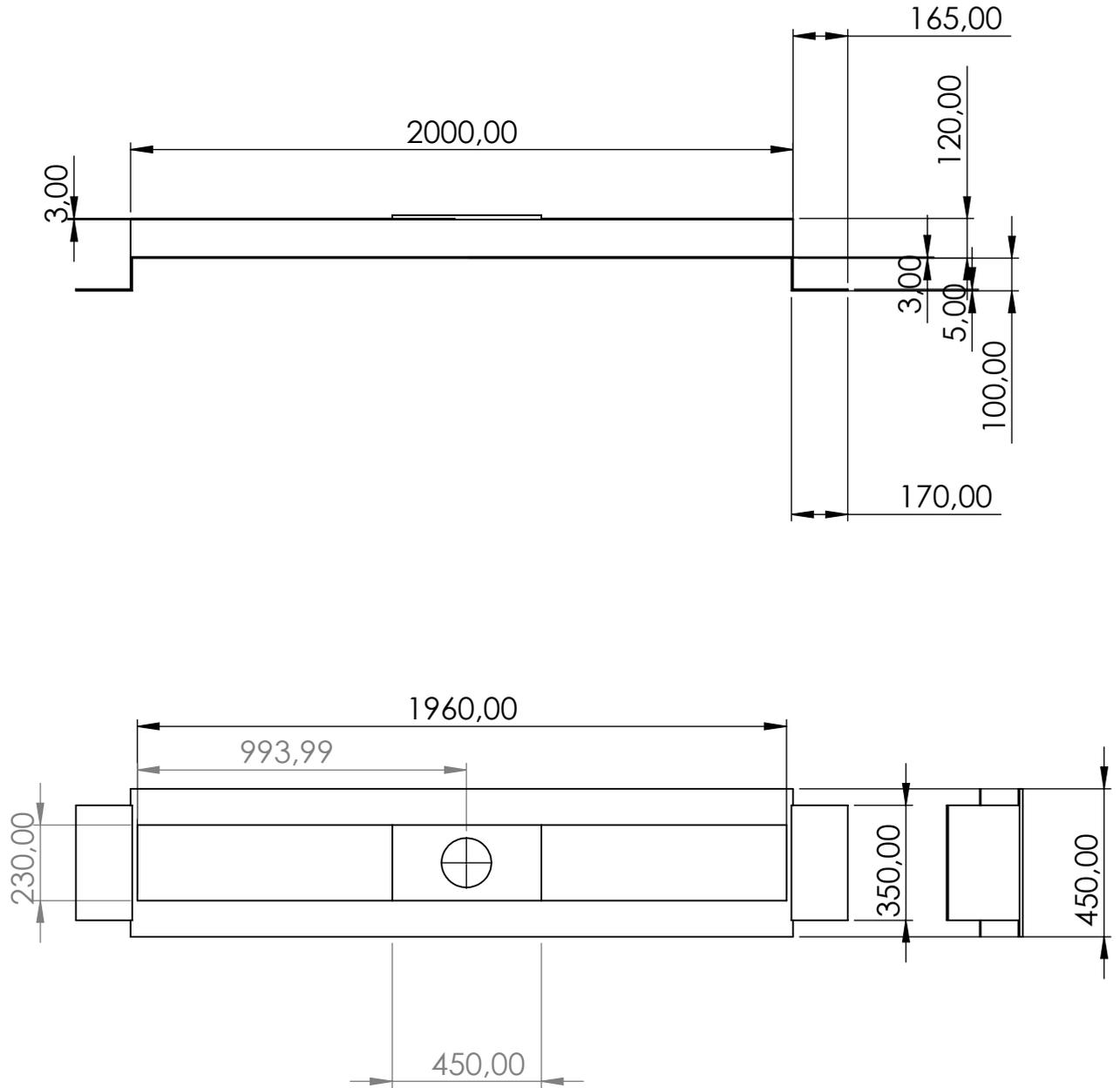


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA DE SOPORTE		1
2	SOPORTE DE SUSPENSIÓN		1
3	GUIA DE SUSPENSIÓN		1
4	POLEA CONDUCCIDA V2		1
5	POLEA PEQUEÑA V2		1
6	CAJA REDUCTORA		1
7	CORREA 3V		2
8	MOTOR ELECTRICO		1
9	EJE DE POLEA GRANDE V2		1
10	SOPORTE DEL RACK		1
11	RACK V2		1
12	Charola 80x50		18
13	COLUMNA ESTRUCTURAL		4
14	RUEDA GIRATORIA		4

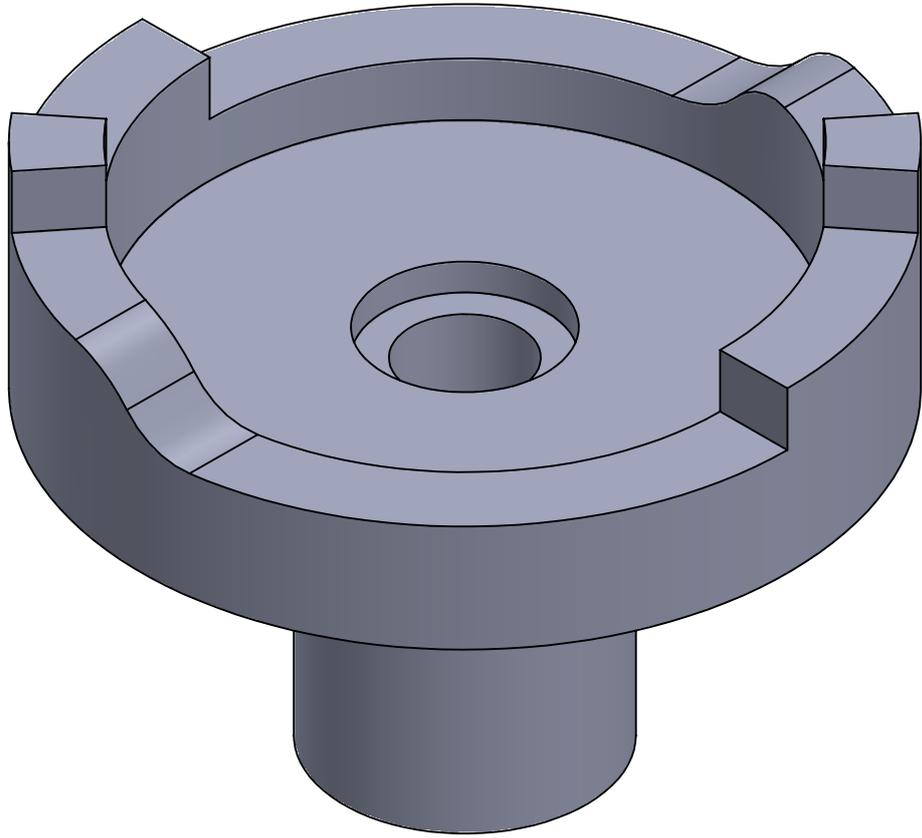
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
	Escala:	1:20			CLIENTE:
			ENSAMBLE GENERAL PARTES	MATERIAL:	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO:	
Rug.:				3/26	



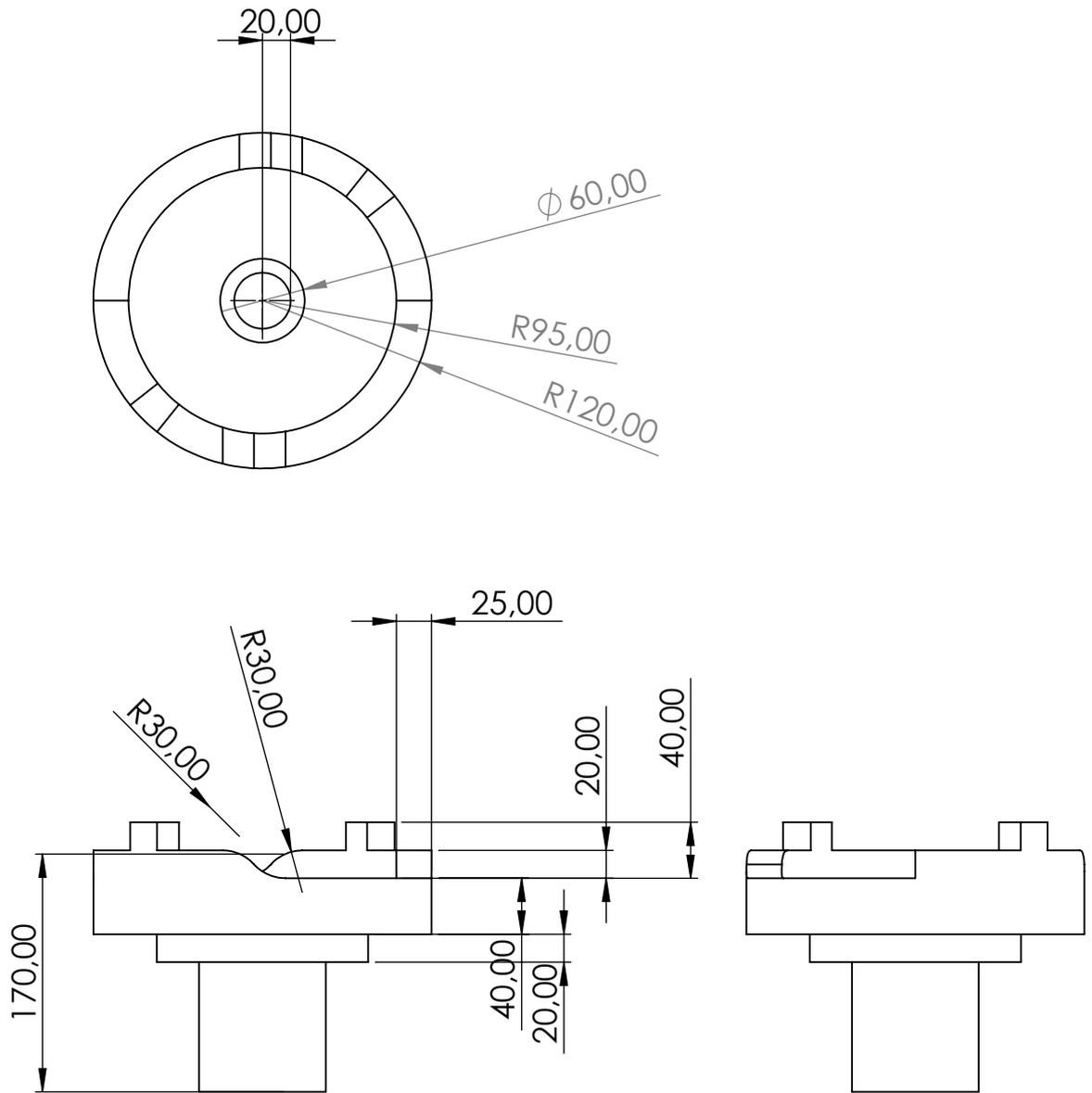
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	ESTRUCTURA DE SOPORTE			CLIENTE:	
				MATERIAL: ASTM A36	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 4/26	
Rug.:					



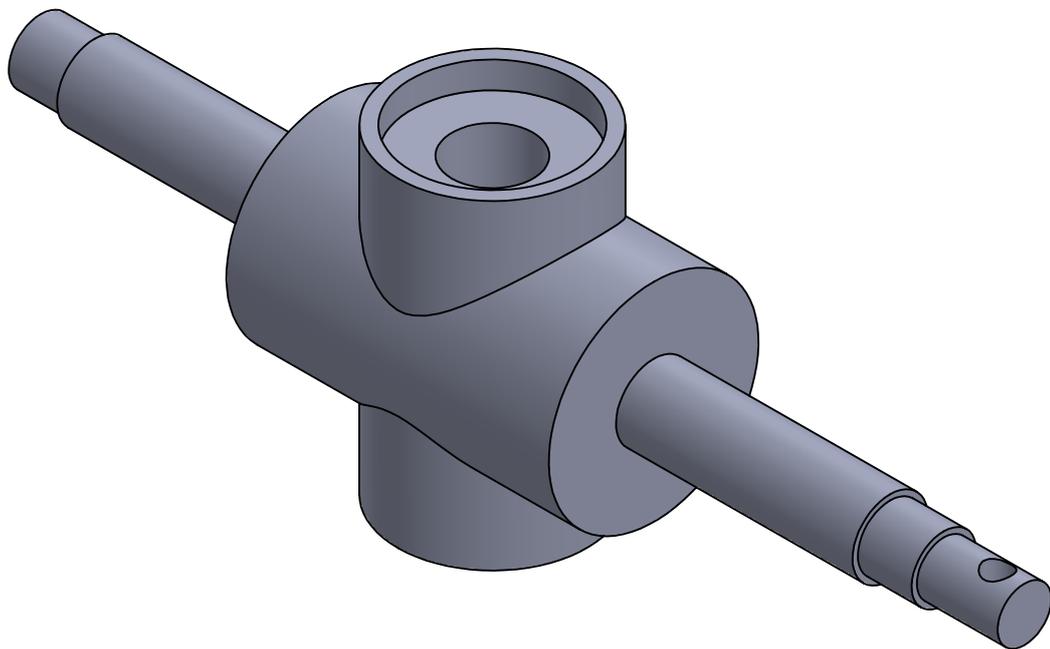
Observaciones:	Fecha:	16/4/24	Nombre:	Elmer D.R.	SISTEMA DE ROTACION	
	Dibujo:					
	Revisado:					
	Aprobado:					
Escala:	1:20				CLIENTE:	
Tolerancia:					MATERIAL: ASTM A36	
Rug.:	ESTRUCTURA DE SOPORTE COTAS				NÚMERO DE PLANO: 5/26	

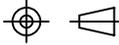


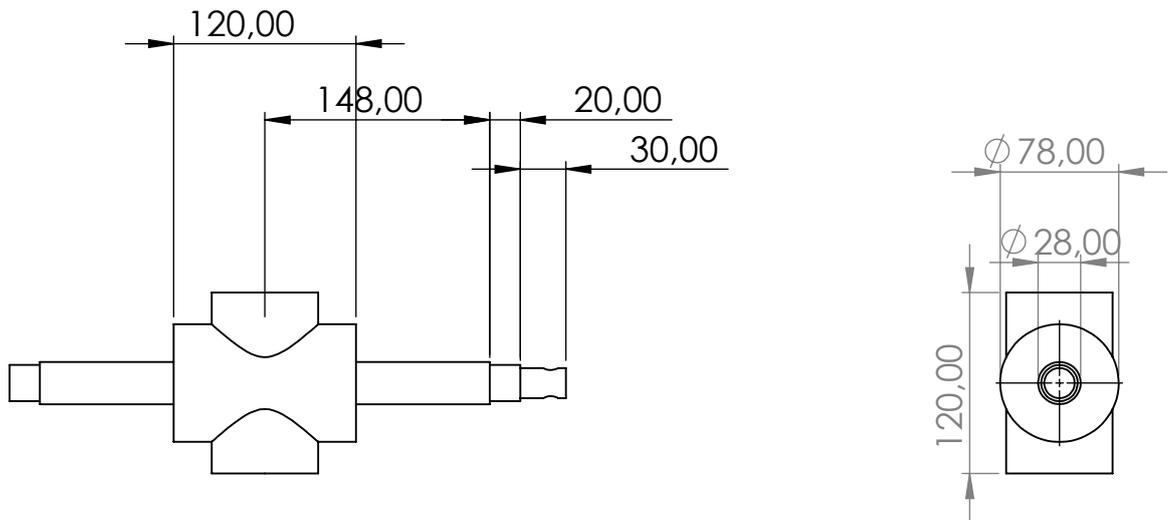
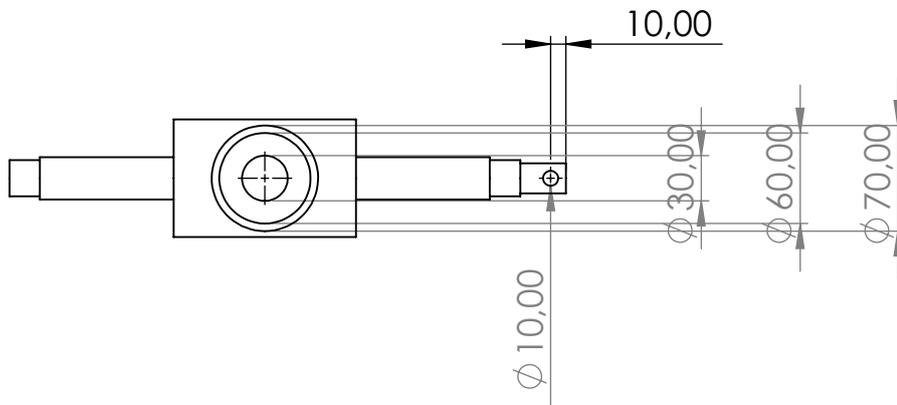
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	SOPORTE DE SUSPENSION			CLIENTE:	
1:2				MATERIAL: HIERRO FUNDIDO	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO:	
Rug.:				6/26	



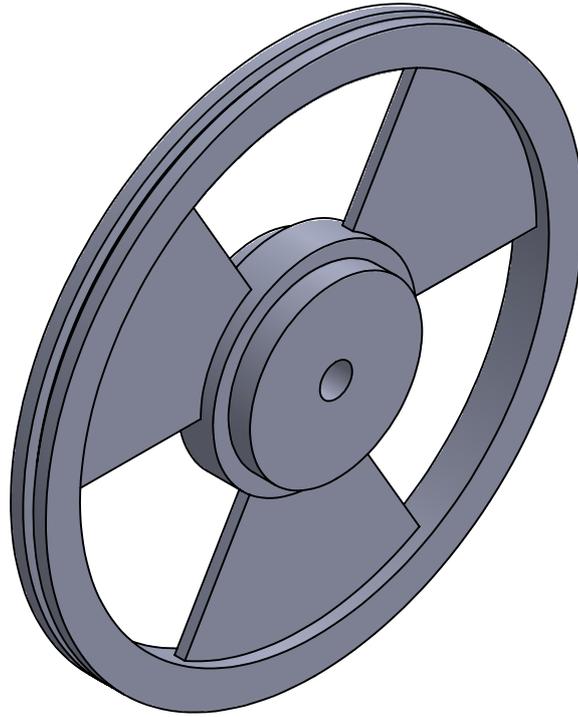
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	SOPORTE DE SUSPENSION			MATERIAL: HIERRO FUNDIDO	
Tolerancia:	COTAS			NÚMERO DE PLANO: 7/26	
Rug.:					

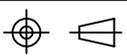


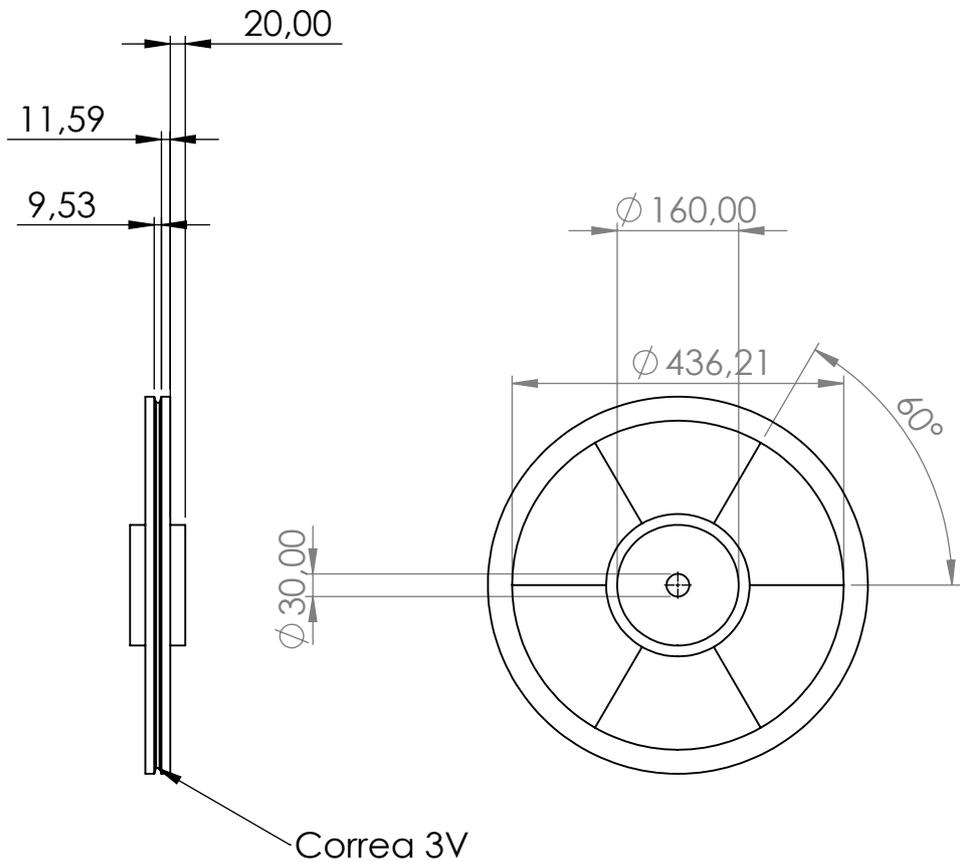
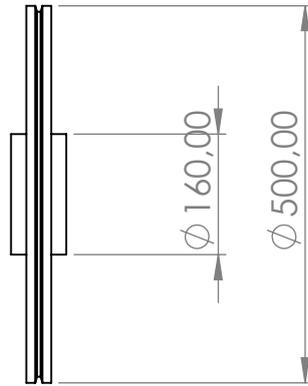
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
	Escala:	1:2			CLIENTE:
		GUÍA DE SUSPENSIÓN		MATERIAL: HIERRO FUNDIDO	
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO:	8/26	
Rug.:					



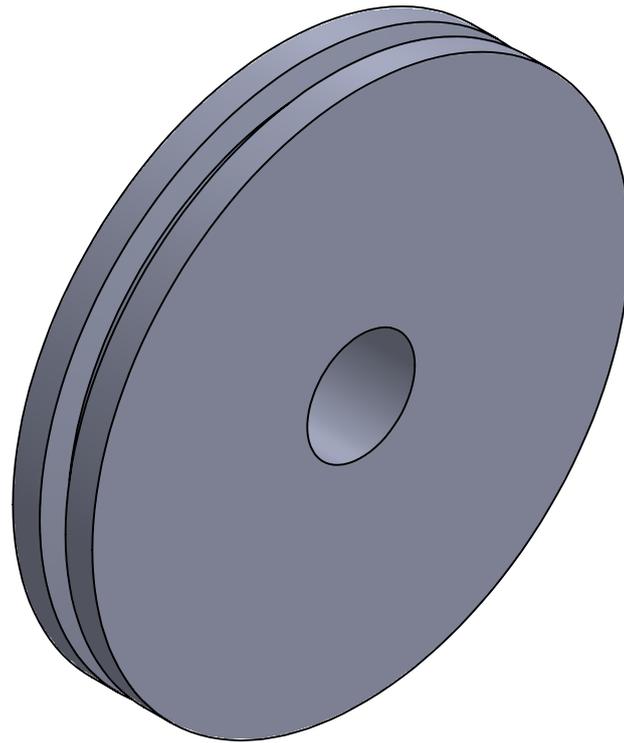
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	GUÍA DE SUSPENSIÓN COTAS			MATERIAL: HIERRO FUNDIDO	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 9/26	
Rug.:					



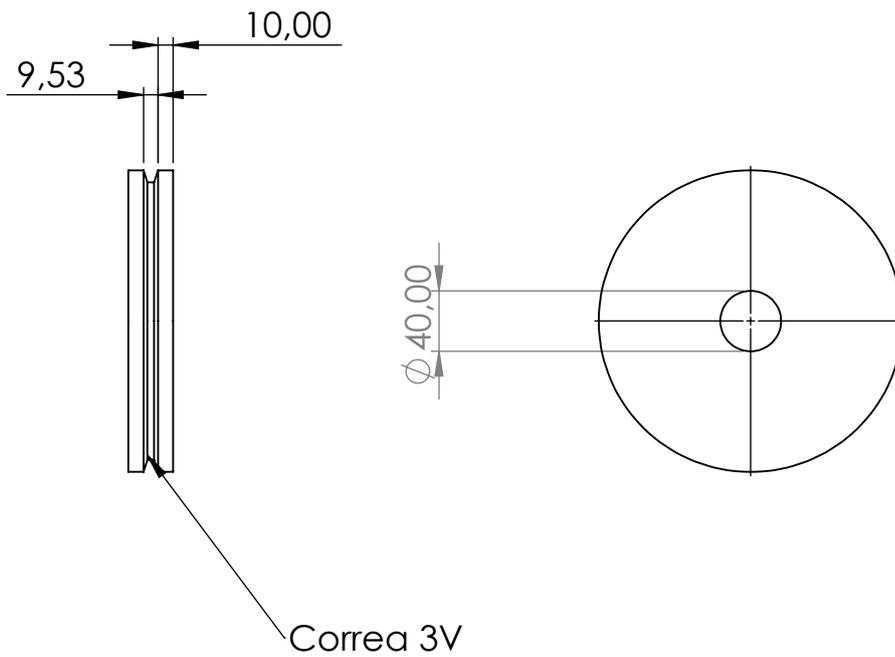
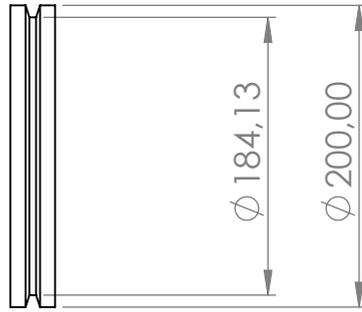
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	POLEA CONDUCCIDA			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 316	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 10/26	
Rug.:					



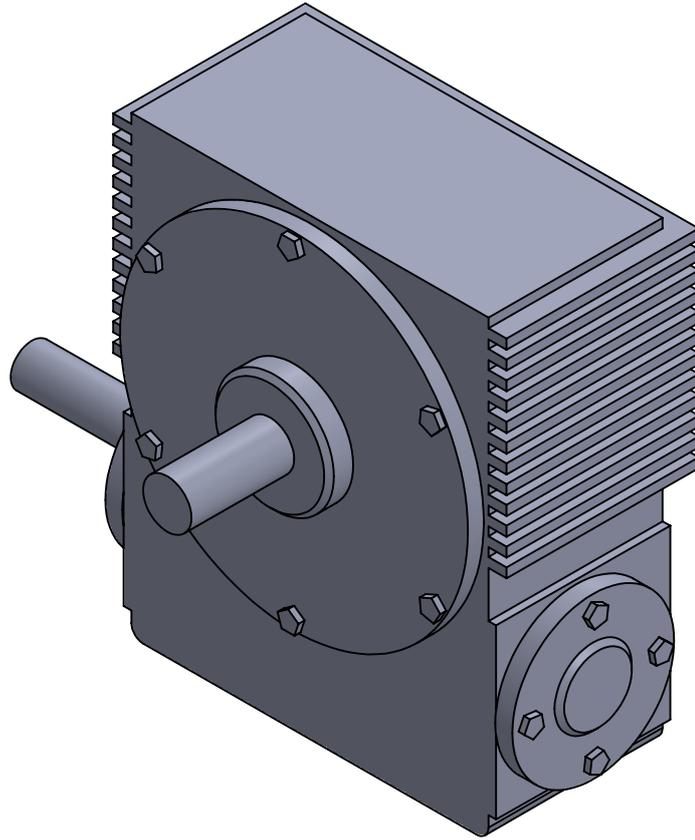
Observaciones:	Fecha:	16/4/24	Nombre:	Elmer D.R.	SISTEMA DE ROTACION	
	Dibujo:					
	Revisado:					
	Aprobado:					
Escala:	1:10				CLIENTE:	
	POLEA CONDUCTIDA COTAS				MATERIAL:	Acero inoxidable AISI 316
Tolerancia:					NÚMERO DE PLANO:	11/26
Rug.:						

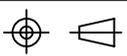


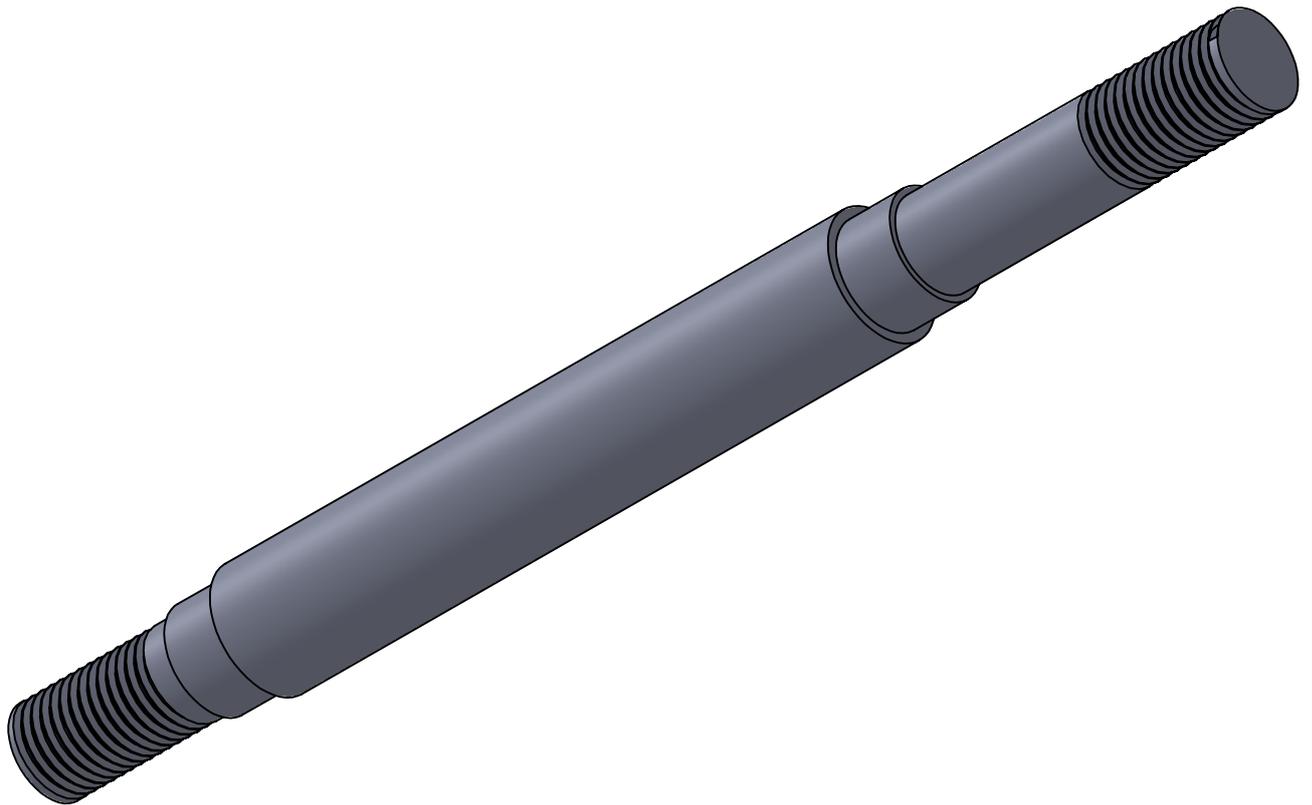
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	POLEA PEQUEÑA			CLIENTE:	
1:2				MATERIAL: Acero inoxidable AISI 316	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 12/26	
Rug.:					



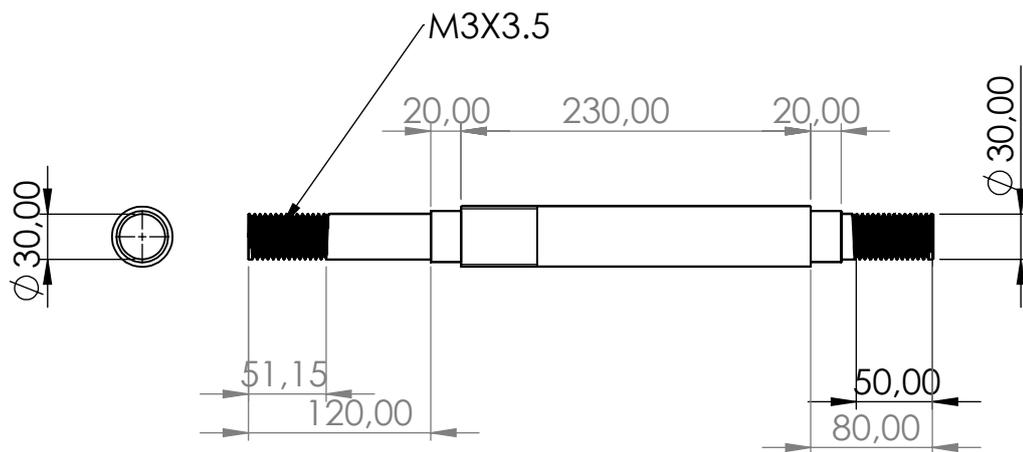
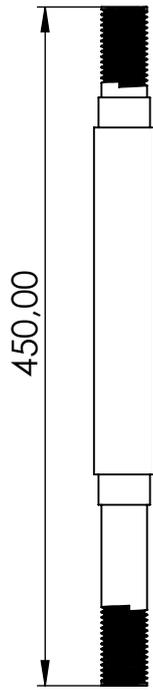
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	POLEA PEQUEÑA COTAS			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 316	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 13/26	
Rug.:					



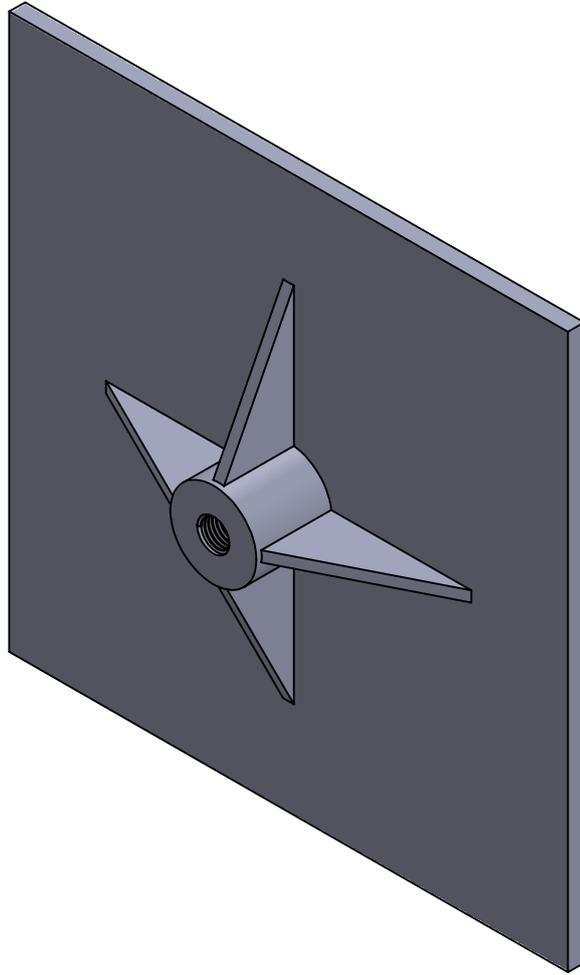
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	CAJA REDUCTORA			CLIENTE:	
1:2				MATERIAL:	
				NÚMERO DE PLANO:	
Tolerancia:				14/26	
Rug.:					



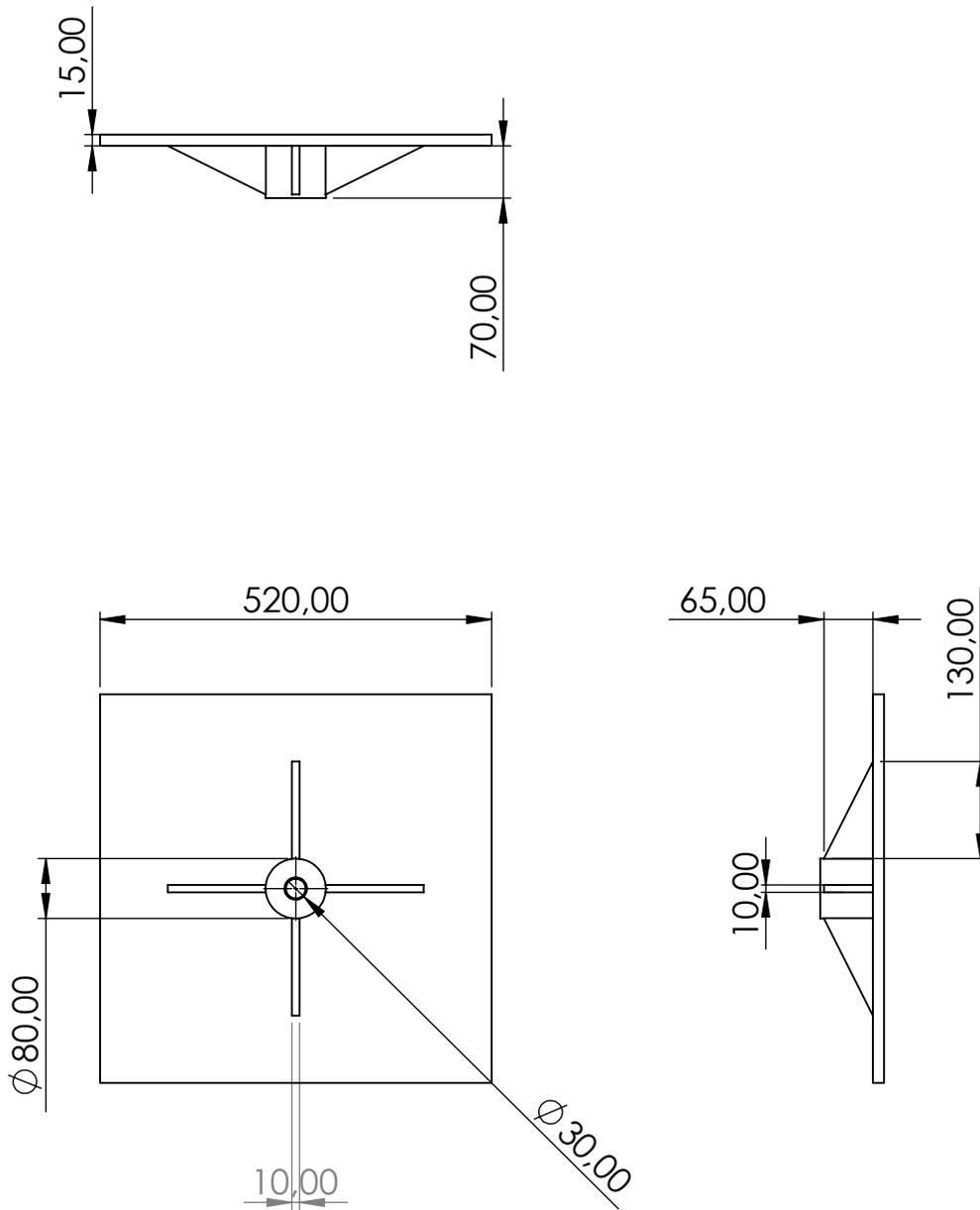
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	EJE DE POLEA GRANDE			CLIENTE:	
1:2					
				MATERIAL: Acero inoxidable AISI 316	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 15/26	
Rug.:					



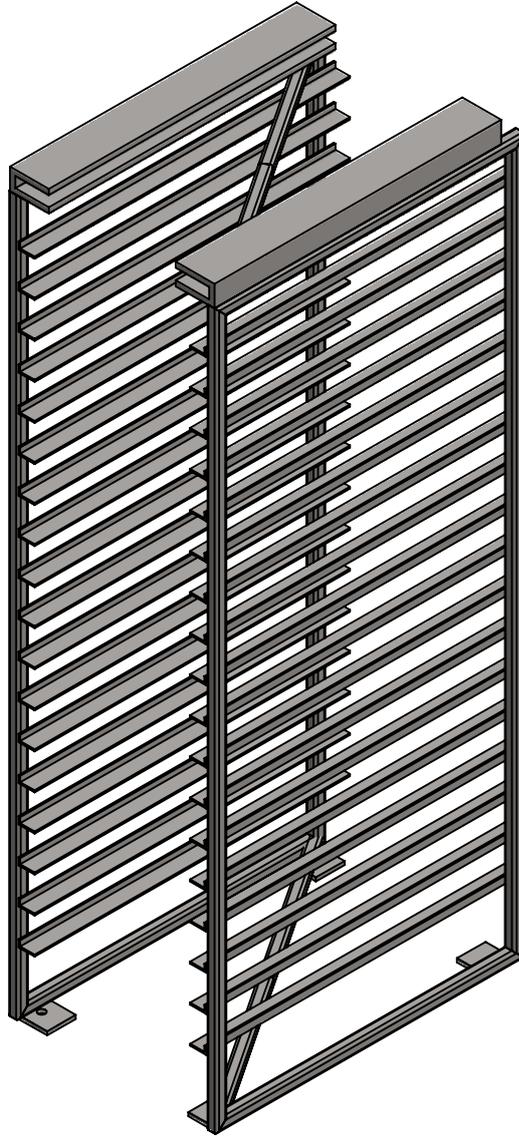
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	EJE DE POLEA GRANDE COTAS			CLIENTE:	
	1:5				
Tolerancia:				MATERIAL: Acero inoxidable AISI 316	
Rug.:				NÚMERO DE PLANO: 16/26	

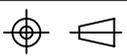


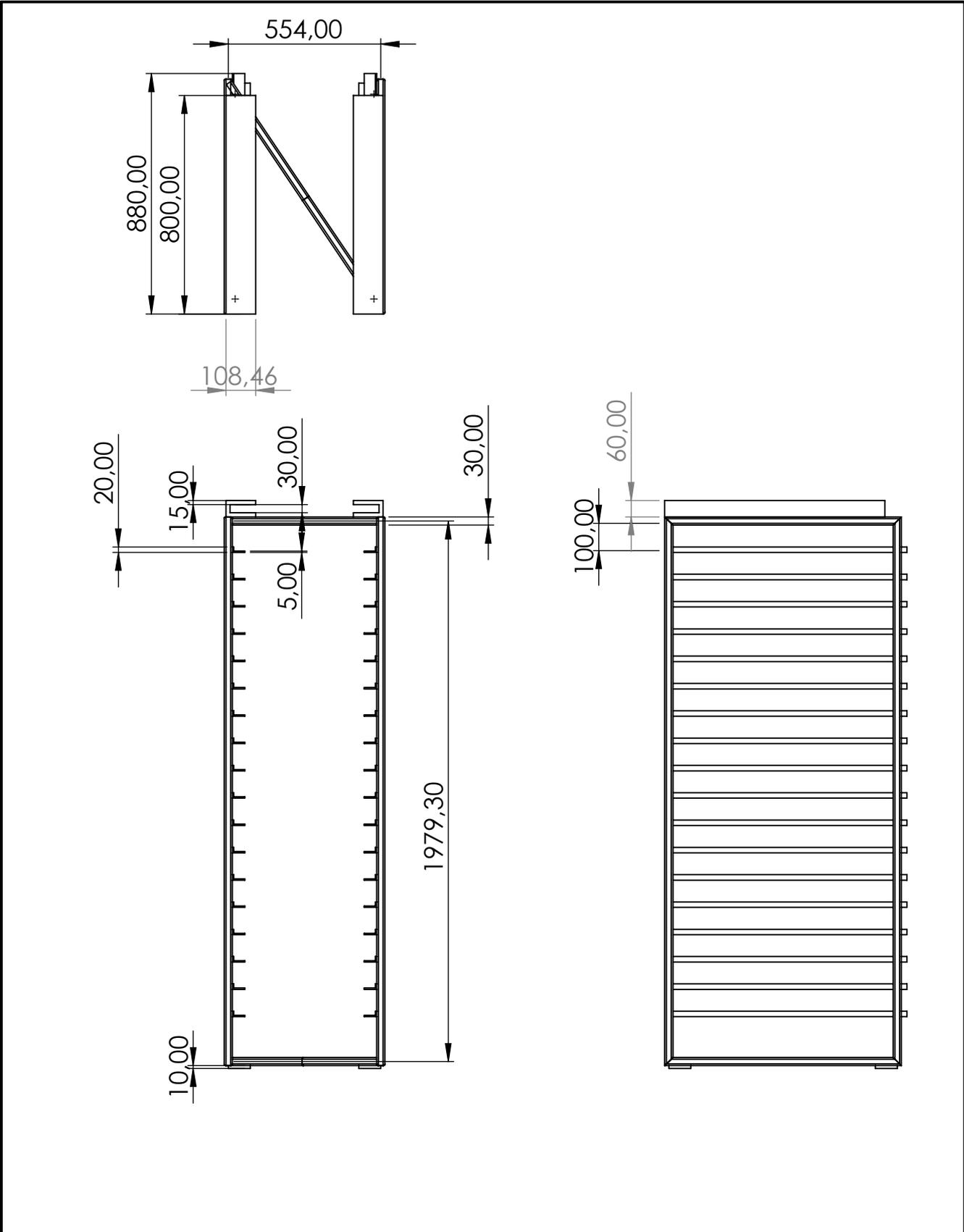
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	SOPORTE DE RACK			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 17/26	
Rug.:					



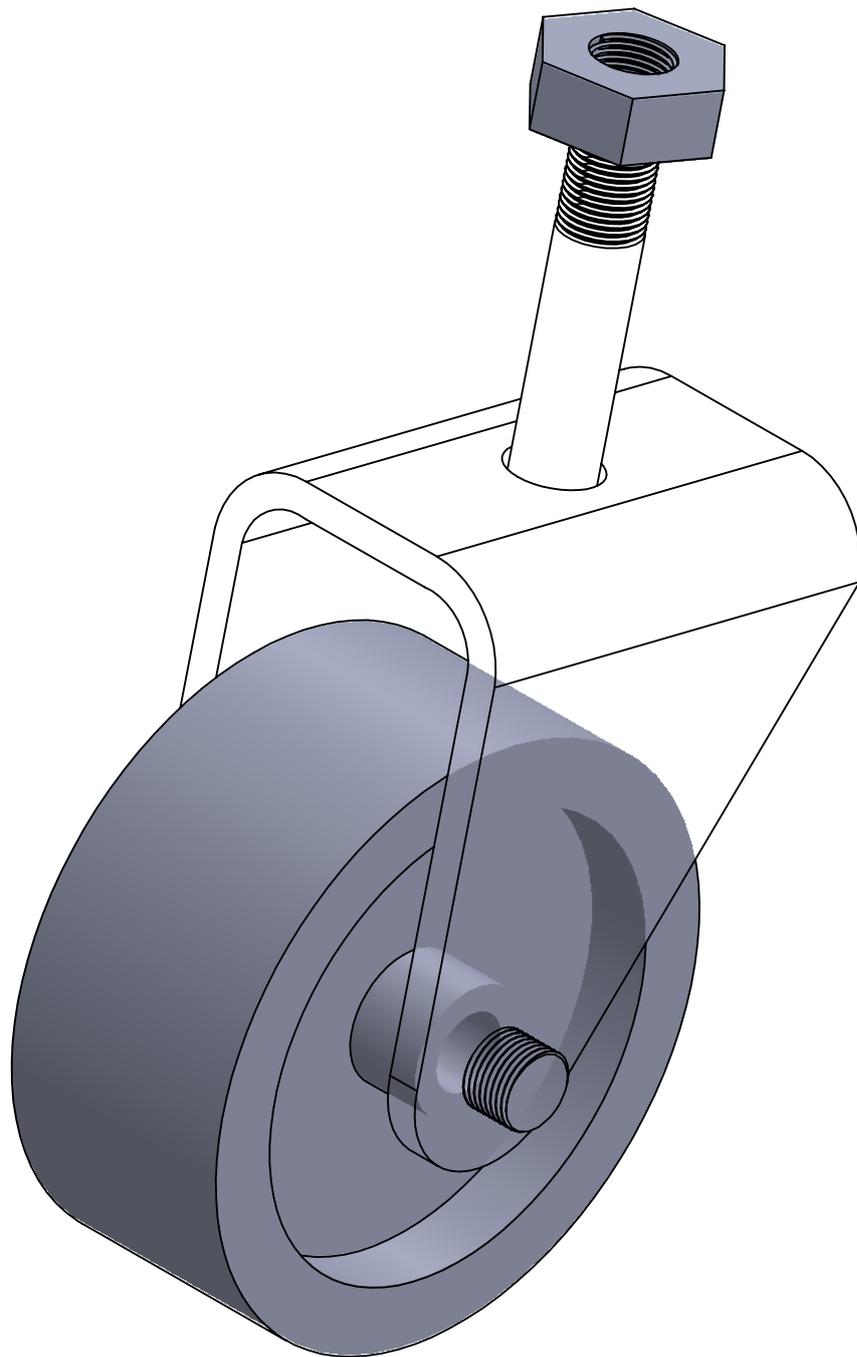
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:10			CLIENTE:	
	SOPORTE DE RACK COTAS			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 18/26	
Rug.:					

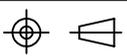


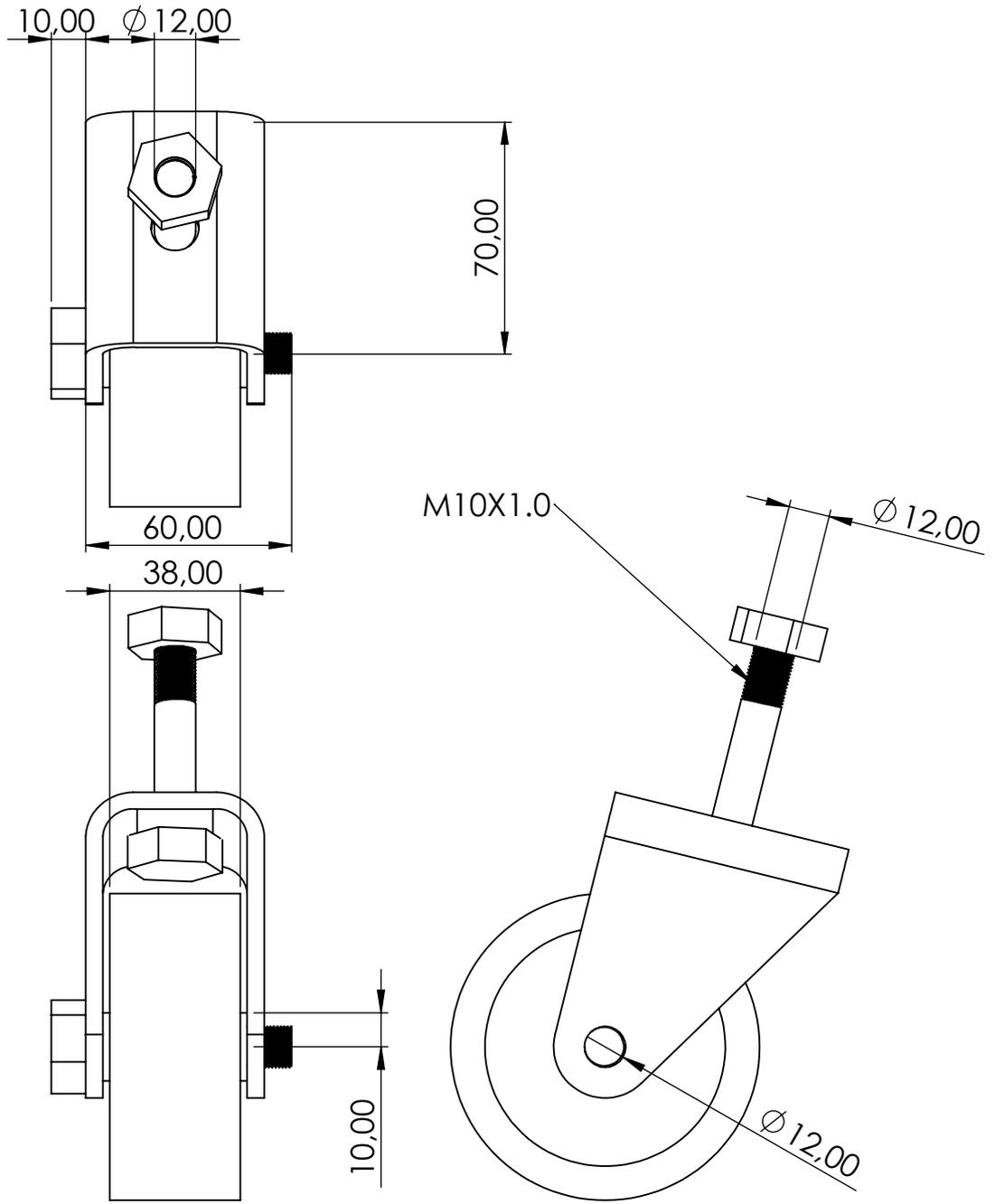
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
	Escala:	RACK			CLIENTE:
1:15					
			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304		
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO: 19/26		
Rug.:					



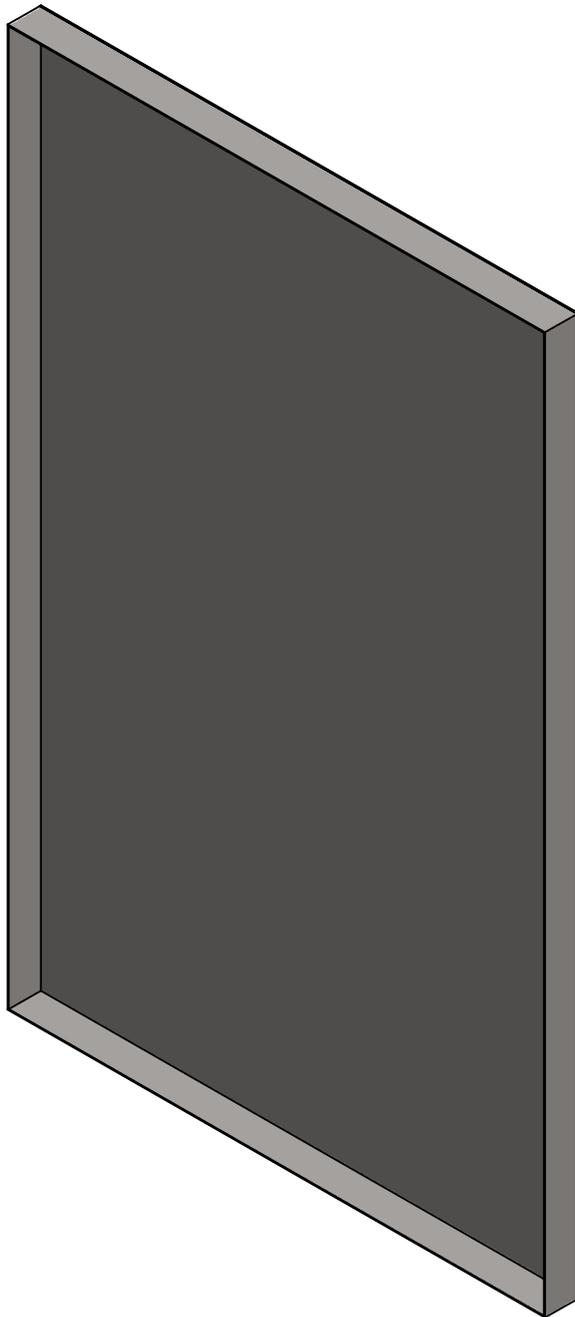
Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
	Escala:	1:20			CLIENTE:
		RACK COTAS	MATERIAL:	Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO:	20/26	
Rug.:					

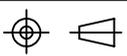


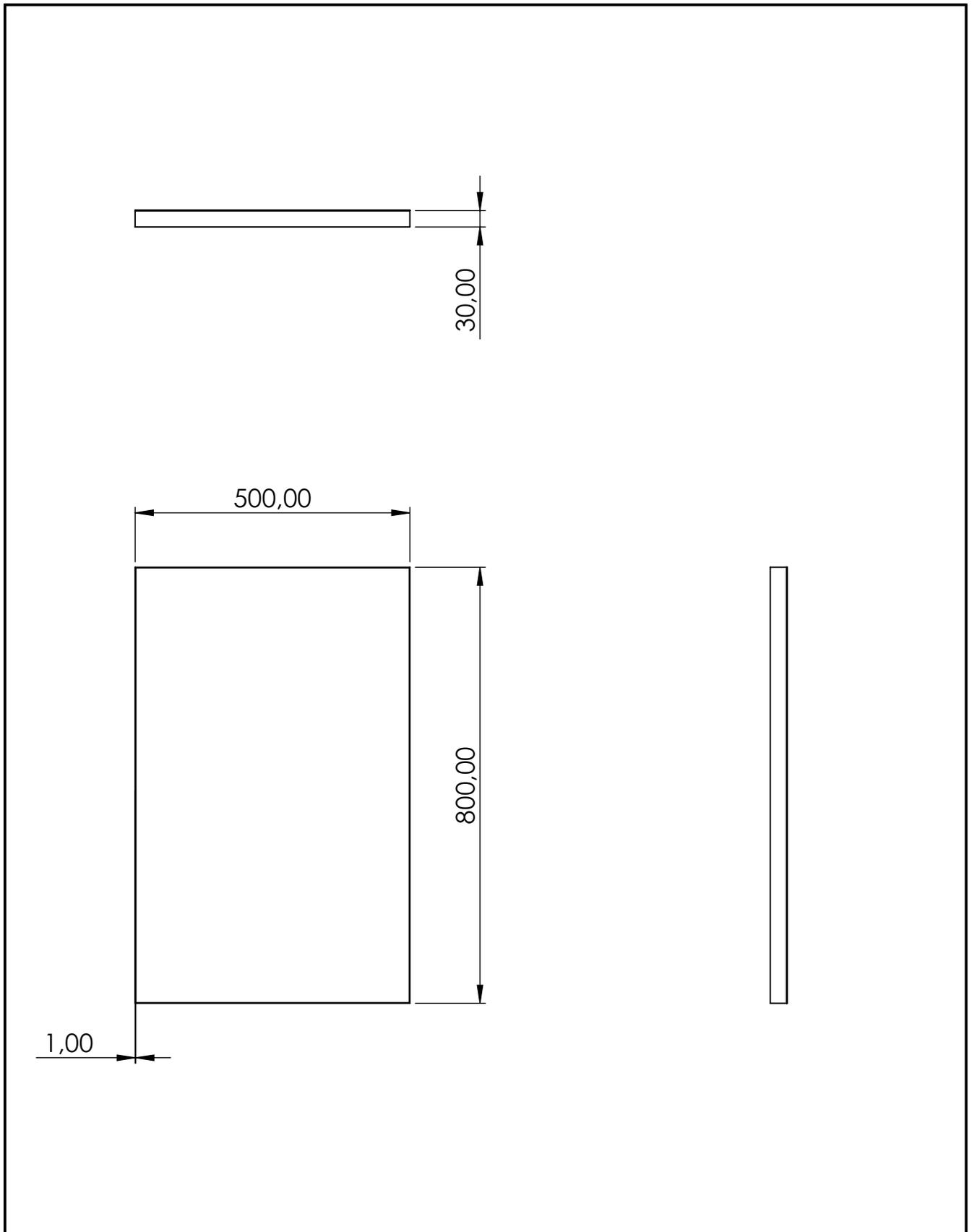
Observaciones:	Fecha:	16/4/24	Nombre:	Elmer D.R.	SISTEMA DE ROTACION	
	Dibujo:					
	Revisado:					
	Aprobado:					
Escala:	1:1				CLIENTE:	
	RUEDA DE REJILLA				MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:					NÚMERO DE PLANO: 21/26	
Rug.:						



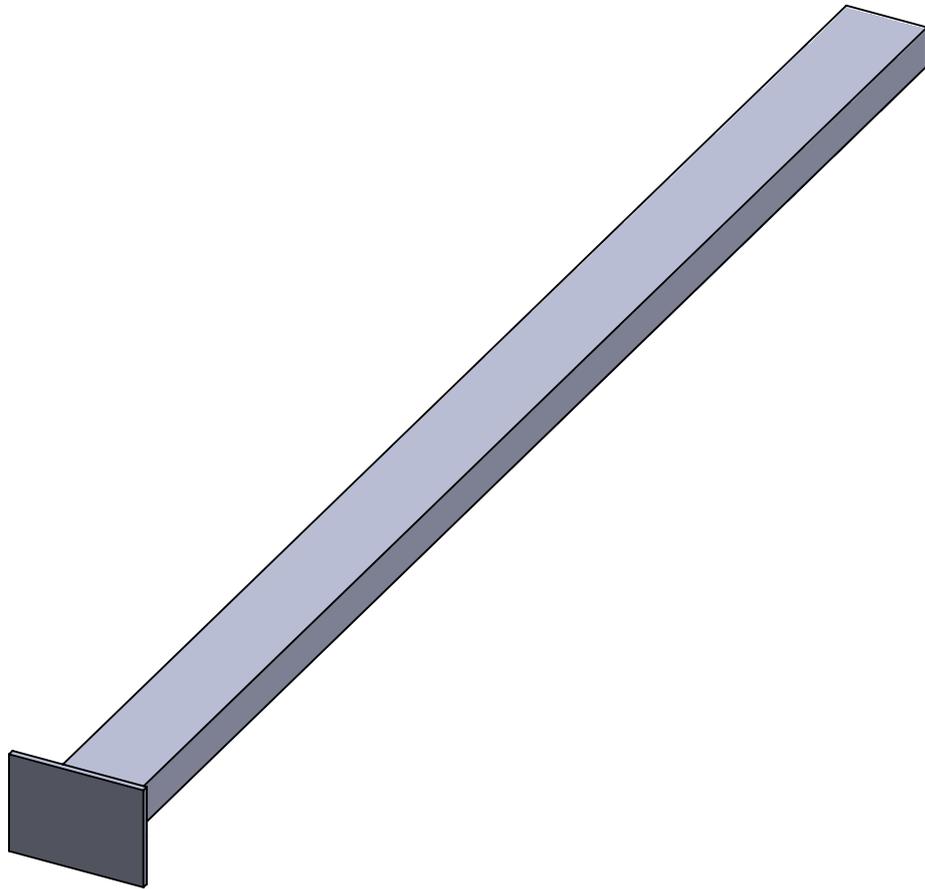
Observaciones:	Fecha:	16/4/24	Nombre:	Elmer D.R.	SISTEMA DE ROTACION	
	Dibujo:					
	Revisado:					
	Aprobado:					
	Escala:	1:2				
				RUEDA DE REJILLA COTAS	CLIENTE:	
Tolerancia:				MATERIAL:	Acero inoxidable AISI 304	
Rug.:				NÚMERO DE PLANO:	22/26	

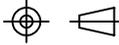


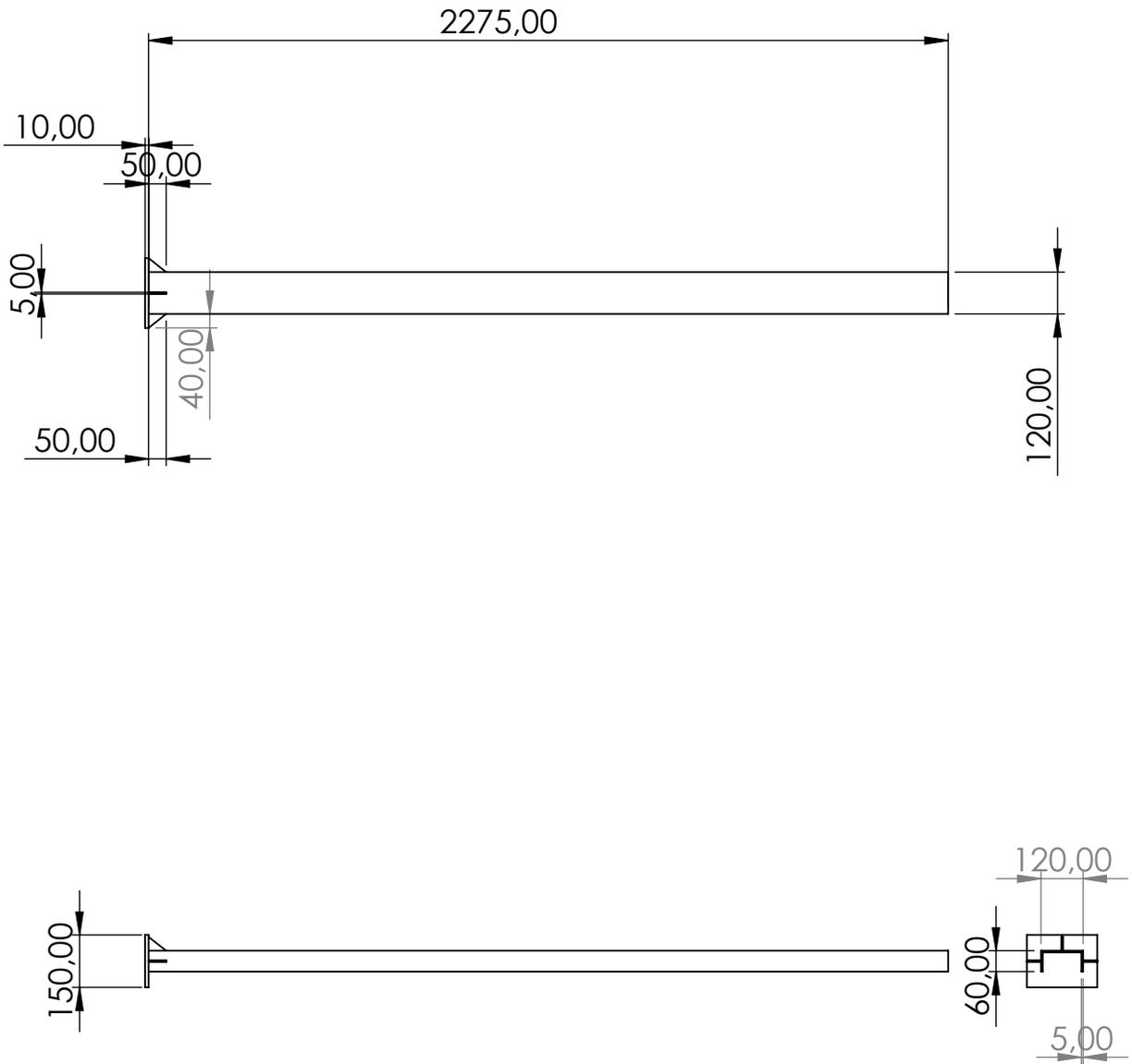
Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:5			CLIENTE:	
	CHAROLA 80X50			MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:				NÚMERO DE PLANO: 23/26	
Rug.:					



Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
	Escala:	1:5			CLIENTE:
		CHAROLA 80X50 COTAS		MATERIAL: Acero inoxidable AISI 304	
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO:	24/26	
Rug.:					



Observaciones:	Fecha	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:10		CLIENTE:		
	COLUMNA ESTRUCTURAL		MATERIAL:	ASTM A36	
Tolerancia:			NÚMERO DE PLANO:	25/26	
Rug.:					



Observaciones:	Fecha:	Nombre:	SISTEMA DE ROTACION		
	Dibujo:	16/4/24			Elmer D.R.
	Revisado:				
	Aprobado:				
Escala:	1:20			CLIENTE:	
	COLUMNA ESTRUCTURAL			MATERIAL: ASTM A36	
Tolerancia:	COTAS			NÚMERO DE PLANO: 26/26	
Rug.:					