

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

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

INGENIERÍA MECÁNICA



GRADUACIÓN MODALIDAD DIPLOMADO

**MODELADO MEDIANTE SOFTWARE CAD DE UNA
LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA
LA LOCALIDAD DE RAVELO**

POSTULANTE: Anabel Carla Rodríguez Bravo

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

SUCRE – BOLIVIA

2024

CESIÓN DE LOS DERECHOS

El presente trabajo es presentado como requisito previo a la obtención del Diplomado en Diseño Mecánico en su primera versión, de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Mi persona autoriza al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación, para que el presente trabajo esté a disposición de lectura de acuerdo a normas universitarias vigentes.

También cedo a la Universidad los derechos de publicación del presente trabajo o parte de él.

Anabel Carla Rodríguez Bravo

Sucre, agosto 2024

DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes son mi roca, mi inspiración y mi refugio en cada paso de mi camino, este logro académico es un reflejo del incansable esfuerzo que han invertido para brindarme una educación sólida.

A mi amada familia, cuyo amor y apoyo han sido mi fortaleza inquebrantable en cada paso de mi camino. Sus sacrificios, consejos y bendiciones han sido el faro que ilumina mi sendero hacia el éxito. A Dios, mi guía divina, quien ha sido mi roca y salvación en momentos de alegría y dificultad. Su amor incondicional y su infinita misericordia han sido mi mayor tesoro. Con humildad y gratitud, dedico este logro a ustedes, mi familia amada, y a Dios, mi fuente eterna de esperanza y fortaleza. Que este proyecto sea un testimonio de mi amor y agradecimiento hacia ustedes y hacia Él. Con todo mi corazón.

Anabel Carla Rodríguez Bravo

AGRADECIMIENTOS

A mi querida familia, pilar fundamental en mi vida y en la realización de este trabajo. Su amor, comprensión y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza durante este desafiante proceso. Cada palabra de aliento, cada gesto de ánimo y cada momento compartido a su lado ha sido mi combustible para seguir adelante. Gracias por creer en mí, por acompañarme en cada paso y por ser mi refugio en los momentos difíciles. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, pues cada uno ha dejado su huella en este camino. Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a mi querida familia y que este trabajo sea un pequeño tributo a la inmensa bondad y amor que me han brindado. Agradezco sinceramente a todos aquellos que han contribuido a la realización de esta monografía. A mis amigos, por su ánimo y por estar siempre ahí para escucharme y animarme. A mis docentes, por su orientación experta, sabiduría y paciencia infinita.

Por último, pero no menos importante, agradezco a Dios por darme la fuerza y la perseverancia para completar este proyecto. Sin el apoyo de todos ustedes, esta monografía no habría sido posible. Con gratitud eterna,

Anabel Carla Rodríguez Bravo

RESÚMEN

El presente proyecto de monografía se enfoca en el MODELADO MEDIANTE SOFTWARE CAD DE UNA LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA LA LOCALIDAD DE RAVELO. En temporada de cosecha los productores proceden a la venta de las papas con tierra adherida a la superficie de las papas. La localidad de Ravelo en la gestión 2020 ocupa el primer lugar con una producción de 8.933 Tm de papa según INE, Tabla 2.2, produciendo papa de alta calidad debido a que sus tierras brindan muchos beneficios para el crecimiento y desarrollo de la papa.

La implementación del presente proyecto es una alternativa tanto para el productor como para el consumidor, siendo beneficiosa para los productores debido a que se reducirán las pérdidas, mejorará la calidad aumentando la producción y principalmente se reducirá el tiempo de producción y esfuerzo al obtener un producto de buena calidad. Con esas mejoras los clientes también se ven beneficiados al consumir un producto que se encuentra en muy buen estado y principalmente limpio sin dejar de lado la adquisición a un precio justo.

La papa es el principal elemento en la alimentación de los bolivianos, se dice que en Bolivia existe una infinidad de variedades de papas.

En esta monografía, se analizaron los aspectos clave a considerar en el diseño de una lavadora de papas, desde la selección de materiales hasta la incorporación de tecnologías innovadoras que mejoren el rendimiento y la versatilidad del equipo. Mediante un enfoque centrado en la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la eficiencia operativa, se pretendió ofrecer una solución integral para optimizar el proceso de lavado de papas en la industria alimentaria. También, se examinó la importancia histórica, cultural, económica y agrícola de la papa en Bolivia. Se exploraron las diversas variedades de papas nativas cultivadas en el país, así como las prácticas tradicionales de cultivo y el impacto de la modernización agrícola en su producción.

La lavadora diseñada tiene una demanda para una capacidad de lavado de 30 kg/min equivalente a 1.8 Tm/h, con una potencia del motor de 5.5 HP, la lavadora

será portable es una solución práctica y eficiente. Los materiales de fabricación cumplen con las exigencias de salubridad debido a que el tambor está fabricado con acero Inoxidable al igual que todos los componentes que están en contacto con el producto.

Todos los componentes elegidos en este trabajo son de fácil adquisición en el mercado local al igual que sus materiales de fabricación lo que se convierte en una gran ventaja al momento de fabricar la lavadora.

INDICE TEMÁTICO

CESION DE LOS DERECHOS.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESÚMEN	iv
CAPÍTULO I.....	1
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	4
1.2.1. Formulación del problema	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3.1. Justificación técnica	5
1.3.2. Justificación económica	6
1.3.3. Justificación social.....	6
1.3.4. Justificación ambiental	6
1.4. METODOLOGIA.....	7
1.4.1. Métodos.....	7
1.4.2. Técnicas e instrumentos.....	8
1.5. OBJETIVOS	9
1.5.1. Objetivo General	9
1.5.2. Objetivos específicos	9
CAPITULO II.....	10
2.DESARROLLO	10
2.1. MARCO CONTEXTUAL	10
2.1.1. Características generales de la papa (Solanum tuberosum).....	10
2.1.2. Características físicas de la papa.....	11
2.2. MARCO TEÓRICO	11

2.2.1.	Cultivo de la papa	11
2.2.2.	Cosecha de la papa	12
2.2.3.	Métodos de limpieza de papas	13
2.3.	INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS.....	20
2.4.	ANÁLISIS Y DISCUSION	22
2.4.1.	Componentes de la lavadora de tambor giratorio.....	23
2.4.2.	Principio de funcionamiento.....	25
2.4.3.	Materiales de fabricación	26
2.5.	DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO	30
2.5.1.	Tolva o canasta de alimentación	31
2.5.2.	Tambor giratorio.....	31
2.5.3.	Sistema de aspersion	38
2.5.4.	Tolva de descarga	40
2.5.5.	Sistema de transmisión mediante correas en V	40
2.5.6.	Estructura	43
2.5.7.	Bandeja de recolección de agua	50
2.5.8.	Simulación de esfuerzos en la estructura	51
CAPITULO III.....		53
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		53
3.1.	CONCLUSIONES	53
3.2.	RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		55
<u>ANEXOS</u>		<u>57</u>

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Características físicas de las papas	11
Tabla 2. 2. Cultivo de diferentes productos en el departamento de Potosí.....	21
Tabla 2. 3. Resultados de la prueba de lavado de papas.	21
Tabla 2. 4. Datos comparativos de diferentes tipos de lavadoras de papa.....	22
Tabla 2. 5. Parámetros de diseño	30
Tabla 2. 6. Resultados de la simulación de cargas	37
Tabla 2. 7. Componentes del sistema de transmisión.....	41
Tabla 2. 8. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas	46
Tabla 2. 9. Dimensiones del rodamiento rígido de bolas 6208	47
Tabla 2. 10. Parámetros de diseño final.....	51
Tabla 2. 11. Resultados del análisis de esfuerzos	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. esquema del cultivo de papa en Bolivia.....	12
Figura 2. 2. Lavadora de papa de tambor giratorio	16
Figura 2. 3. Lavadora de papa con Rodillos	18
Figura 2. 4. Lavadora de papa por baño o inmersión	19
Figura 2. 5. Hectáreas y producción en Potosí	20
Figura 2. 6. Partes de la lavadora de tambor giratorio	23
Figura 2. 7. Tolva o canasta de alimentación	31
Figura 2. 8. Conjunto del Tambor Giratorio	32
Figura 2. 9. Cálculo del volumen del tambor	34
Figura 2. 10. Simulación de cargas en el cilindro	37
Figura 2. 11. Sistema de Aspersión.....	39
Figura 2. 12. Bomba para riego	39
Figura 2. 13. Tolva de descarga	40
Figura 2. 14. Componentes del sistema motriz.....	41
Figura 2. 15. Estructura.....	44
Figura 2. 16. Soportes para el tambor giratorio	44
Figura 2. 17. Placa de anclaje	45
Figura 2. 18. Simulación de cargas en la rueda.....	45

Figura 2. 19. Pasador	49
Figura 2. 20. Estructura para el motor	49
Figura 2. 21. Estructura soporte de los aspersores	50
Figura 2. 22. Bandeja recolectora de agua	50
Figura 2. 23. Análisis de esfuerzos de la estructura	51

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de monografía será de investigación metódica, investigación aplicada, investigación y exposición descriptiva y se enfocará en el MODELADO MEDIANTE SOFTWARE CAD DE UNA LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA LA LOCALIDAD DE RAVELO.

La papa (*Solanum tuberosum*) es un cultivo de vital importancia en la agricultura boliviana y juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la economía del país. Bolivia es uno de los países con mayor diversidad genética de la papa, con una amplia variedad de especies nativas que han sido cultivadas por siglos por las comunidades dedicadas a la producción agrícola. La papa no solo es un alimento básico en la dieta de los bolivianos, sino que también desempeña un papel cultural y social significativo en la vida de los habitantes. (CIPCA,2015)

Mecanizar algunas operaciones de producción agrícola, es fundamental para optimizar los procesos de producción agrícola y ofrecer productos finales de alta calidad. En este contexto, el diseño de una máquina lavadora de papas juega un papel crucial en la mejora de la calidad, uniformidad y presentación de la papa a los consumidores finales.

La máquina lavadora de papas se convierte en un aliado indispensable para agilizar el proceso de limpieza de las papas, garantizando la eliminación de tierra, residuos y posibles contaminantes, además de preservar las características organolépticas del producto. Por lo tanto, es fundamental desarrollar un equipo que cumpla con los estándares de higiene requeridos por la industria alimentaria, sea eficiente en el uso de recursos como agua y energía, y esté diseñado para facilitar su operación y mantenimiento.

- "El lavado de las papas es una etapa crucial en la producción de alimentos, ya que garantiza la eliminación de suciedad, residuos químicos y microorganismos no deseados que puedan afectar la calidad e inocuidad del producto final." - Smith et al. (2018)
- "El lavado de papas puede ser realizado de forma manual o mediante equipos automatizados, cada método con sus propias ventajas y desventajas en términos de eficiencia, costos y calidad del producto." - García y Fernández (2016)
- "La utilización de agua potable y productos desinfectantes aprobados es fundamental para asegurar la higiene durante el proceso de lavado de papas, minimizando riesgos de contaminación cruzada y enfermedades transmitidas por alimentos." - Li et al. (2020)

Estas citas reflejan la importancia del lavado de papas en la cadena de producción para la obtención de un producto limpio y seguro para su consumo.

En este contexto, la lavadora de papas se convierte en un aliado indispensable para los productores de papa de la localidad de Ravelo, pues la lavadora permitirá agilizar el proceso de limpieza de las papas, garantizando la eliminación de tierra, residuos y posibles contaminantes, claro está, que, durante el lavado de la papa en la máquina, se debe preservar las características organolépticas. Por lo tanto, es fundamental desarrollar un equipo que cumpla con los estándares de calidad de lavado requeridos, sea eficiente en el uso de recursos como agua y energía, y esté diseñado para facilitar su operación y mantenimiento.

1.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de monografía se enfocará en el MODELADO MEDIANTE SOFTWARE CAD DE UNA LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA LA LOCALIDAD DE RAVELO para una producción de 178655,1 qq de papa en 2262,4 ha según INE, Tabla 2.2.

El diseño de una lavadora de papa para la producción en la localidad de Ravelo tiene como principal función la de establecer los siguientes antecedentes para el desarrollo del trabajo:

- **Demanda del mercado:** Existe una creciente demanda de equipos eficientes y de alto rendimiento en la industria alimentaria, especialmente en el procesamiento de papas y vegetales. Una lavadora de papas bien diseñada puede contribuir significativamente a mejorar los procesos de limpieza y preparación de alimentos en establecimientos comerciales, restaurantes y plantas procesadoras.
- **Importancia de la limpieza:** La limpieza de las papas es una etapa crítica en la cadena de producción de alimentos, ya que permite eliminar suciedad, residuos químicos y microorganismos no deseados. Una lavadora de papas eficiente garantiza un alto nivel de higiene y seguridad alimentaria, aspectos esenciales para la salud de los consumidores.
- **Eficiencia y productividad:** Un diseño óptimo de la lavadora de papas debe contemplar aspectos como la velocidad de procesamiento, el consumo de agua y energía, la durabilidad de los materiales y la facilidad de mantenimiento. Estos factores influyen directamente en la eficiencia y productividad de la operación, lo que a su vez impacta en los costos y la rentabilidad del negocio.
- **Innovación tecnológica:** Con los avances en la ingeniería y la automatización, es posible incorporar tecnologías como sensores, controladores automáticos, sistemas de filtrado y recirculación de agua, entre otros, para mejorar el desempeño y la calidad del lavado de las papas. La innovación tecnológica es clave para diferenciarse en un mercado competitivo y en constante evolución.

Considerar estos antecedentes te permitirá realizar un diseño de lavadora de papas que satisfaga las necesidades y expectativas de tus clientes o usuarios finales, asegurando un producto final eficiente, seguro y de alta calidad.

Entre las máquinas de lavado de papas se encuentran las siguientes:

- Lavadora de papas con tambor giratorio
- Lavadora de papas con rodillos
- Lavadora de papas por baño o inmersión

Se plantean tres tipos de lavadora con distintas características, pero la misma función con el fin de seleccionar de manera adecuada la mejor opción que satisfaga

las necesidades de los productores y de los consumidores. Se opta por la lavadora de tambor giratorio por su portabilidad, su mantenimiento.

La localidad de Ravelo perteneciente al departamento de Potosí es gran productora de la papa, de la misma se distribuyen a diferentes lugares de Bolivia por lo que la demanda de este tubérculo es alta.

Las papas al ser extraídas de la tierra contienen varios restos, principalmente de tierra, los mismos que están adheridos a la cascara de la papa. En la actualidad una vez que son extraídas de la tierra las mismas son golpeadas entre si debido a que la mayor cantidad de tierra continua en la papa, eso ocasiona que muchas veces se lastimen las papas dando origen a una acelerada descomposición.

El golpear entre si las papas se convierten en la manera convencional de limpieza de las papas principalmente realizadas en la localidad de Ravelo y a nivel nacional.

En otros países para poder cumplir con normas de sanidad, las papas son lavadas de manera mecanizada utilizando una Máquina lavadora que se dedica a la limpieza y extracción de impurezas adheridas a las paredes de las papas. (CIPCA,2015)

Dichas máquinas cumplen con diseños óptimos para desempeñar la función de manera eficaz brindando un producto limpio y acorde a los requerimientos de las normas de consumo.

1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La papa al ser cosechada contiene tierra o barro adherida a ella lo que provocaría que se descomponga, lo cual es un problema tanto como para el productor y consumidor.

En la localidad de Ravelo municipio perteneciente al departamento de Potosí al ser uno de los mayores productores de papa en Bolivia. La papa es cosechada y distribuida a muchos lugares en Bolivia, la misma contiene mucha tierra, por lo que la humedad de la tierra hace que la papa sea más propensa a deteriorarse. Esta situación afecta a los productores ya que la papa tiene menos tiempo de duración y su almacenaje es reducido por lo que se generan pérdidas considerables del

producto. Afecta al cliente debido a que al contener tierra en la superficie de la papa no se pueden identificar las papas que están en mal estado y a su vez al tener la tierra su peso aumenta y como la venta de este elemento es por peso entonces se obtiene un producto que en gran porcentaje es solo tierra. El lavado y secado de la papa se convierten en dos etapas muy importantes en la producción de este tubérculo tanto para productores como para los consumidores.

La falta de conocimiento de la función de una máquina lavadora de papas hace que los productores de la localidad de Ravelo no conozcan de los beneficios y ayudas que la misma brinda tanto a los productores como a los clientes.

La tecnificación de la producción de papas se convierte en un procedimiento costoso debido a que no existen en el mercado nacional máquinas que desempeñen la función de limpieza de las papas y si los productores desean adquirir una máquina la misma debe ser importada por que el costo es muy elevado.

1.2.1. Formulación del problema

¿Cómo mejorar la producción de papas eliminando el excedente de tierra adherida en la superficie después de haber sido cosechadas por intermedio, DE UNA LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA LA LOCALIDAD DE RAVELO?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo del proyecto de monografía de MODELADO MEDIANTE SOFTWARE CAD DE UNA LAVADORA PARA PAPAS DE TAMBOR GIRATORIO PARA LA LOCALIDAD DE RAVELO, se diseñará una herramienta disponible para mejorar la calidad e incrementar la producción de la papa de tal manera que los agricultores se beneficien y a su vez los consumidores finales.

1.3.1. Justificación técnica

EL Municipio de Ravelo actualmente no tiene empresas que realicen el trabajo de lavado de papas después de haber sido cosechadas por lo que con el diseño de una máquina lavadora de papas esta necesidad será satisfecha brindando mejor calidad a la producción de papas mecanizando la función de extracción y limpieza

de tierra en la papa. A este diseño se puede implementar una seleccionadora para diferentes tamaños de papa.

1.3.2. Justificación económica

Con la implementación de esta tecnología de lavado de papa, pretende traer beneficios tanto para el municipio de Ravelo como para los consumidores siendo:

- **Mejoramiento del precio de la papa:** los productores serán beneficiados ya que, al tener un producto limpio, será más atractivo a los clientes y de esa manera las ventas aumentaran.
- **Evitará pérdidas en la producción de papa:** al eliminar toda la tierra de la superficie de la papa y posteriormente seca, la misma no contendrá impurezas que ocasionan la corta duración de la papa. La tierra que queda como sedimento útil, también puede ser usado como abono abaratando los costos de compra de abonos.
- **Los consumidores:** tendrán un producto limpio, con el peso justo y principalmente un producto de alta calidad.

1.3.3. Justificación social

La relevancia social de este proyecto radica en su impacto en la cadena alimentaria y en la satisfacción de la demanda de productos agrícolas de calidad. El diseño de una lavadora especializada para papas permitirá mejorar la calidad de vida de los agricultores al brindarles una herramienta que optimice sus procesos de producción. Asimismo, al mejorar la calidad del producto final, mejorando los ingresos a los productores, también se contribuirá a ofrecer alimentos más higiénicos y saludables a la sociedad en general, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y la seguridad alimentaria.

1.3.4. Justificación ambiental

Con la implementación de una lavadora de papas, se pretende beneficiar en los siguientes aspectos ambientales:

- **Reducción de la erosión del suelo:** El lavado manual de papas a menudo se realiza en cursos de agua o arroyos, lo que puede provocar la erosión del suelo y la contaminación del agua. Las lavadoras de papas, por otro lado, se pueden instalar en áreas alejadas de los cursos de agua, lo que reduce el riesgo de erosión.
- **Disminución del uso de agua:** Las lavadoras de papas utilizan sistemas de recirculación de agua, lo que significa que el agua utilizada para lavar las papas se puede reutilizar varias veces. Esto reduce significativamente el consumo total de agua en comparación con el lavado manual.
- **Separación de residuos sólidos:** Las lavadoras de papas separan los residuos sólidos, como tierra, abono, piedras y cáscaras, de las papas lavadas. Estos residuos sólidos se pueden compostar o utilizar para otros fines, lo que evita que terminen en los cursos de agua y contaminen el agua.
- **Ph del agua:** se pretende conservar un ph neutro o agua alcalina para evitar el cambio y erosión de la tierra.

1.4. METODOLOGIA

Este estudio empleará un enfoque de diseño de ingeniería, comenzando con la identificación de los requisitos funcionales y técnicos para la lavadora. Se realizará un análisis de los sistemas existentes para seleccionar la mejor opción, se desarrollarán prototipos utilizando software CAD. La metodología incluirá también un análisis de costos y viabilidad para la implementación en la localidad de Ravelo.

Se enfocará en el análisis de los elementos más importantes e influyentes en el diseño. Se realizará el modelado de un prototipo utilizando software especializados en diseño mecánico. Finalmente se realizará una evaluación de costos.

1.4.1. Métodos

Los métodos que serán empleados en el presente trabajo están enfocados en un trabajo de ingeniería integral que incluirá la identificación de los requisitos, el análisis de los tipos de lavadoras de papas, el prototipado de una lavadora y se

realizará la evaluación de la factibilidad técnica y económica para la lavadora. Los métodos empleados son:

- **Método investigativo:** tomando en cuenta los tipos de investigación; investigación metódica, aplicada y la investigación y exposición descriptiva.
- **Análisis de Sistemas Existentes:** Se llevará a cabo un estudio comparativo de los sistemas de lavado de papas existentes para identificar y seleccionar la tecnología que mejor se adapte a nuestros requerimientos.
- **Diseño y modelado:** Se diseñarán y modelarán prototipos de la lavadora de papas utilizando software CAD (Diseño Asistido por Computadora).
- **Evaluación económica:** Se determinará los costos de construcción y se hará una comparación de costos con equipos de similares características importados.

1.4.2. Técnicas e instrumentos

Para el diseño y cálculo mediante softwares CAD de una lavadora de papas de tambor giratorio para la localidad de Ravelo, es necesario que el estudiante en ingeniería mecánica conozca el problema y plantee una o más soluciones.

La técnica aplicada en el trabajo será enfocada en la investigación respecto al tema a desarrollar de manera profesional.

Los instrumentos que se aplicarán son:

- **Software de diseño asistido por computadora (CAD):** Para el diseño detallado y la simulación del funcionamiento de la lavadora, se utilizarán programas de CAD para modelar y visualizar el diseño.
- **Software Básico de análisis económico:** se utilizará el software de Excel por su practicidad para realizar cálculos y los análisis de costos.

Estos métodos, técnicas e instrumentos se utilizarán para llevar a cabo la investigación, el diseño y la validación del prototipo de la lavadora rotativa adaptada para papas.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar el modelado mediante software CAD de una lavadora para papas de tambor giratorio para la localidad de Ravelo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar la factibilidad de las lavadoras de papa.
- Determinar las características de producción y necesidades que debe cumplir la lavadora de papa para una capacidad de 30kg/min.
- Diseñar un tambor giratorio que maximice la eficiencia del lavado, asegurando una adecuada circulación del agua y una distribución uniforme de las papas.
- Desarrollar un mecanismo que facilite el desalojo del agua y los residuos, asegurando un funcionamiento limpio y eficiente.
- Realizar un análisis de costos de fabricación para la máquina lavadora de papa.
- Diseñar mediante software CAD la lavadora cuyos componentes sean accesibles con el fin de simplificar las tareas de mantenimiento y reparación minimizando el tiempo de inactividad.
- Realizar una ficha técnica y de mantenimiento para la lavadora de papa.
- Simular en CAD para ver los puntos críticos de la lavadora.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONTEXTUAL

La localidad de Ravelo es una localidad perteneciente al departamento de Potosí, consta de 18.586 habitantes (Censo 2012), cuya principal actividad económica está centrada en la producción agrícola y de ganado ovino y caprino.

Entre los cultivos más importantes están la papa con una producción aproximada a 8218.134 Toneladas anuales, le sigue el maíz con una producción de 1467.4 Toneladas y el trigo con una producción de 1015.36Toneladas.

Al ser la producción de papa la que genera más movimiento económico en la localidad de Ravelo se debe hacer bastante énfasis en el mejoramiento de la producción.

Actualmente el proceso de limpieza es limitado debido a que no se realiza de manera eficiente, utilizando personal en abundancia, los que realizan la limpieza con agua, consumen bastante y el agua utilizada termina en los ríos o en canales de agua contaminando los mismos.

En temporadas de post cosecha se pretende realizar un lavado de 1.8 Toneladas por hora tomando en cuenta 2808 Toneladas anuales trabajando 6 horas por día.

La limpieza debe ser realizada hasta que la papa pierda toda la tierra que se encuentra adherida en la papa, conservándolas intactas y si sufren daños estos sean mínimos.

2.1.1. Características generales de la papa (*Solanum tuberosum*)

Es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo, aporta con la mayor cantidad de carbohidratos en la dieta alimentaria de millones de personas en los países en desarrollo, de Sudamérica, África, y el continente asiático. En Bolivia se tiene registrado la producción de aproximadamente 230 variedades de las 4500 variedades existente en el mundo.

En la campaña agrícola 2020 – 2021, según los datos del INE, Bolivia ha alcanzado la producción de papa de 1.272.649 Tm en una superficie total de 191.321 ha (hectáreas), alcanzando el rendimiento promedio de 6.65 Tm/ha, siendo que en la Campaña agrícola 2019 – 2020 el total producido alcanzó los 1.317.923 Tm y un rendimiento de 7,2 Tm/ha. (CIPCA-2023)

2.1.2. Características físicas de la papa

Las papas más comunes que se producen en Ravelo son las papas “Imilla” y “holandesa” y tienen las siguientes características:

Tabla 2. 1. Características físicas de las papas

PROPIEDADES FÍSICAS	DIAMETRO PROM (mm)	LONGTUD PROM (mm)	DENSIDAD (g/cm ²)	PESO PROM (g)	VOLUMEN PROM (cm ³)
PAPA IMILLA	60	60	1,061	80	85
PAPA HOLANDESA	60	80	1,059	110	98

Fuente: CIPCA

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de la papa

El cultivo de la papa en Bolivia se considera como la actividad agrícola más importante del país debido a la cantidad de agricultores que se dedican a esta actividad, el proceso de cultivo se muestra en el siguiente esquema:

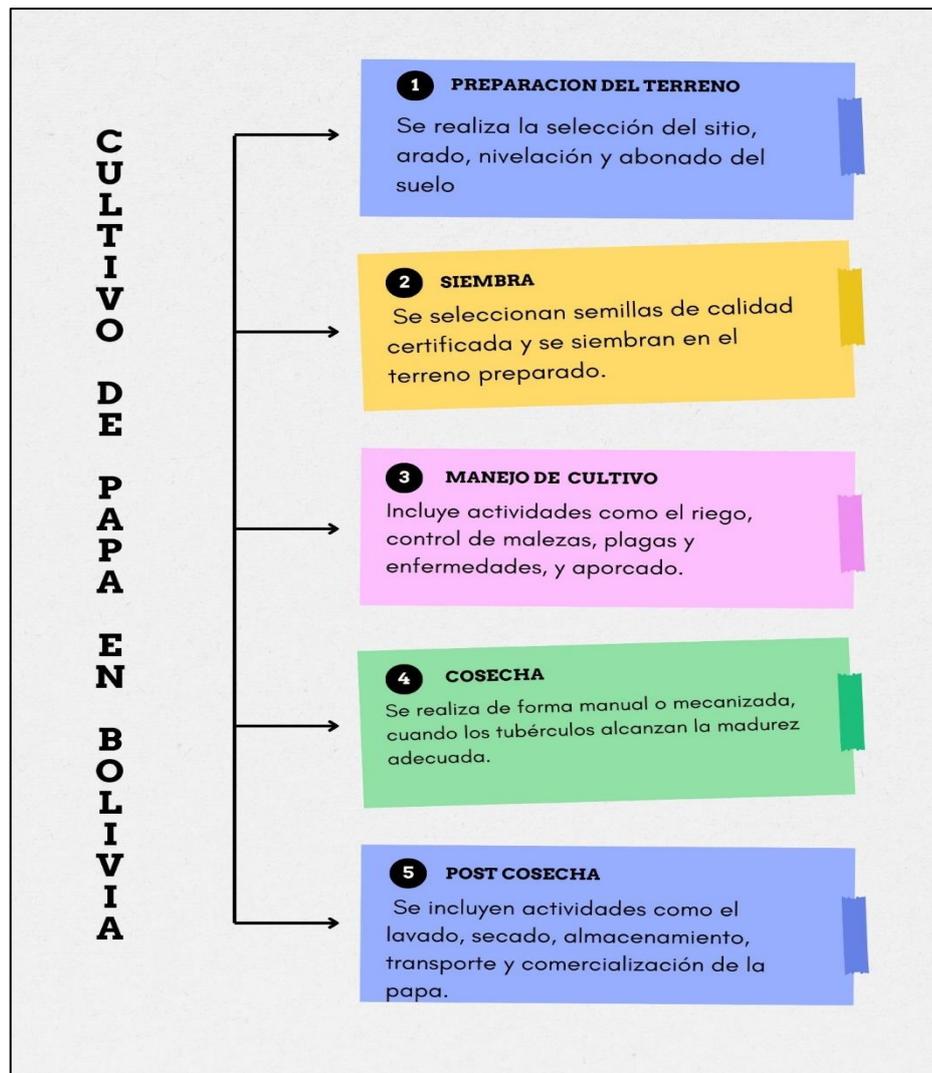


Figura 2. 1. esquema del cultivo de papa en Bolivia
Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Cosecha de la papa

La recolección de papas en Bolivia juega un papel crucial en la agricultura nacional. La papa es un alimento fundamental en la dieta boliviana y se cultiva en diversas regiones del país, especialmente en los valles y las tierras altas.

La cosecha de papa se realiza principalmente durante los meses de marzo a junio, dependiendo de la región y del clima. Los agricultores bolivianos utilizan técnicas tradicionales de cultivo, como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la siembra en terrazas.

Una vez que la papa es cosechada, se almacena en silos o bodegas para su posterior tratamiento de limpieza, luego comercialización en mercados locales o

para su exportación a otros países. La papa cultivada en Bolivia es conocida por su excelente calidad y se producen diversas variedades, incluyendo la papa huaycha, la papa imilla y la papa rosada.

"La cosecha de la papa requiere de técnicas adecuadas para evitar daños mecánicos en los tubérculos, así como de un manejo postcosecha apropiado para preservar la calidad y prolongar la vida útil del producto." - Li y Martínez (2020)

2.2.3. Métodos de limpieza de papas

Con el fin de eliminar la mayor cantidad de tierra adherida a la superficie de la papa se ve en la necesidad de realizar una limpieza a las papas, por lo tanto, se muestran principalmente dos tipos de limpieza:

2.2.3.1. Método de limpieza en seco de la papa

La limpieza en seco es un método utilizado en áreas de procesamiento de alimentos con bajo contenido de humedad, como las papas, yuca entre otros tubérculos (FAO,2019)

- **Cepillado:** Se utiliza para eliminar partículas sueltas y polvo de las superficies de las papas. Los cepillos deben estar en buen estado y ser de uso exclusivo para evitar la contaminación cruzada.
- **Aspirado o Limpieza al Vacío:** Se emplea para succionar partículas y residuos de las superficies. Las aspiradoras deben ser adecuadas para uso industrial y limpiarse regularmente.
- **Raspado:** Consiste en raspar las superficies con herramientas adecuadas para eliminar adherencias y suciedad. Es importante que las herramientas sean duraderas y estén en buen estado.
- **Barrido y Desinfección:** El barrido mecánico ayuda a eliminar partículas grandes antes de aplicar desinfectantes. Luego, se puede realizar la desinfección con productos específicos para áreas de procesamiento de alimentos debido a factores como clima, topografía y humedad.

Las condiciones de la limpieza tradicional es que la papa debe estar totalmente seca para que sea más sencillo el desprendimiento de la tierra en la papa. Su desventaja principal es que estos métodos no son 100% efectivos.

2.2.3.2. Lavado de papas

Las máquinas lavadoras de papas son equipos diseñados para limpiar eficientemente los tubérculos de papa antes de la comercialización o consumo directo. Estas lavadoras desempeñan un papel crucial en la cadena de producción de papas, ya que contribuyen y garantizan la limpieza y el estado de las papas. (Li y Martínez, 2020)

A nivel mundial, la demanda de maquinaria agrícola especializada, como las lavadoras de papas, ha aumentado significativamente debido a la necesidad de optimizar los procesos de producción, reducir costos operativos y cumplir con los estándares de calidad y seguridad alimentaria cada vez más estrictos. (Li y Martínez, 2020)

En términos de tecnología, las máquinas lavadoras de papas han evolucionado considerablemente en las últimas décadas, incorporando innovaciones como sistemas de lavado por inmersión, cepillado automático, control de velocidad ajustable y monitoreo de calidad del agua. Estas mejoras han permitido incrementar la eficiencia de limpieza, reducir el desperdicio de agua y energía, y mejorar la productividad en general. (Li y Martínez, 2020)

En el ámbito normativo, diversos países y organizaciones internacionales han establecido regulaciones y directrices específicas para el uso de maquinaria de lavado de alimentos, incluidas las lavadoras de papas, con el fin de proteger la salud pública y garantizar la inocuidad alimentaria. Estas normativas abordan aspectos como los materiales de fabricación, los procesos de limpieza y desinfección, y los controles de calidad e inspección. (Li y Martínez, 2020)

En cuanto a la industria fabricante, existen numerosas empresas a nivel mundial especializadas en la producción de lavadoras de papas, ofreciendo una amplia gama de modelos y capacidades para satisfacer las necesidades específicas de los productores de papas en diferentes regiones y escalas de producción.

2.2.3.3. Método de limpieza vía húmeda

La limpieza en húmedo de papas es un método que utiliza principalmente agua para eliminar la suciedad, la tierra y otros residuos de la superficie de las papas. Este método se utiliza tanto a nivel industrial como doméstico. (Li y Martínez, 2020)

Ventajas de la limpieza en húmedo de las papas

- Eliminación eficaz de la suciedad: El agua es capaz de eliminar una amplia gama de suciedades, incluyendo tierra, arena, barro y residuos orgánicos.
- Conservación de la calidad: La limpieza en húmedo ayuda a mantener la frescura y la calidad de las papas al eliminar los patógenos que pueden causar su deterioro.
- Reducción del uso de productos químicos: La limpieza en húmedo puede reducir la necesidad de utilizar productos químicos agresivos para limpiar las papas.
- Mejora del aspecto: Las papas limpias en húmedo tienen un aspecto más atractivo y apetitoso.

Proceso de limpieza en húmedo de papas

- Inspección: Las papas se inspeccionan para eliminar las que estén dañadas o podridas.
- Lavado preliminar: Las papas se lavan con agua fría para eliminar la suciedad suelta.
- Cepillado: Las papas se cepillan con cepillos rotativos para eliminar la suciedad adherida.
- Enjuague: Las papas se enjuagan con agua limpia para eliminar cualquier residuo de suciedad o cepillado.
- Secado: Las papas se secan al aire o con una secadora rotativa.

2.2.3.3.1. Tipos de lavadoras de papas

En la actualidad existen varias máquinas dedicadas a la limpieza y lavado de papa, siendo así que dichas máquinas son industriales y su capacidad de lavado es alto cumpliendo los requisitos para el lavado en la localidad de Ravelo, debido a que en

temporadas de post cosecha se pretende realizar un lavado de 1.8 Toneladas por hora tomando en cuenta 2808 Toneladas anuales trabajando 6 horas por día.

Entre las máquinas de lavado de papas se encuentran las siguientes:

- Lavadora de papas de tambor giratorio
- Lavadora de papas con rodillos
- Lavadora de papas por baño o inmersión

2.2.3.3.1.1. Lavadoras de tambor giratorio

Esta máquina realiza el proceso de lavado mediante el movimiento del tambor donde la papa al chocarse entre sí y a su vez en las paredes del tambor giratorio desprende las partículas de tierra, consta de un sistema de distribución de agua la cual ayuda a darle un acabado más limpio y prolijo a la superficie de la papa. Dichas máquinas tienen capacidades de lavado entre 1 y 3,5 Tm/h (Catálogo de Máquinas agrícolas marca CHILLAN,2010)



Figura 2. 2. Lavadora de papa de tambor giratorio

Fuente: <https://raullujan.com/es/productos/lavadora-rotativa-135.htm>

➤ **Funcionamiento**

Tambor giratorio: El corazón de estas máquinas es un tambor cilíndrico perforado que gira lentamente. Las papas se cargan en el tambor, y el movimiento giratorio las sumerge en agua para eliminar la suciedad y los residuos. (Smith,2019)

Agitación y frotamiento: A medida que el tambor gira, las papas se agitan y frotan entre sí. Esto ayuda a eliminar la tierra, la piel suelta y otros contaminantes.

Sistema de agua: El agua fluye continuamente dentro del tambor para arrastrar los desechos. Algunas máquinas también tienen sistemas de filtrado para reciclar el agua y reducir el consumo.

Salida y secado: Después del lavado, las papas salen del tambor y se dirigen a una cinta transportadora para su secado. El proceso es rápido y eficiente, lo que permite un alto volumen de producción. Esta máquina presenta tanto ventajas como desventajas en su aplicación de lavado y son:

- **Ventajas:**

- Excelente limpieza del producto debido a los cepillos internos
- Proceso de reutilización de agua incorporado
- Fácil de realizar mantenimiento

- **Desventajas**

- Alto consumo de agua
- Máquina que requiere un espacio muy grande para su emplazamiento y función.

2.2.3.3.1.2. Lavadoras de papas con rodillos

La lavadora está compuesta principalmente por rodillos dispuestos en forma longitudinal dentro de un tanque de lavado siendo accionados como una cinta transportadora.

El proceso de lavado empieza cuando la cinta transportadora recibe a las papas, el efecto de los cepillos en los rodillos en conjunto a un aspersor de agua procede a realizar el lavado, los cepillos con la humedad generada por el aspersor frotan la superficie de la papa y de esa manera se procede a eliminar las impurezas adheridas en las paredes de la papa. El fabricante ofrece una gama de lavadoras

con capacidad de lavado entre 7 y 30 Tm/ h (Catálogo de Máquinas agrícolas marca CHILLAN,2010)



Figura 2. 3. Lavadora de papa con Rodillos

Fuente: https://es.made-in-china.com/co_foodmachine-china/product_Brush-Roller-Washing-Machine-for-potato-Cherry-Lemon_yshsyrshg.html

A igual que la anterior máquina, ésta presenta ventajas y desventajas y son:

- **Ventajas**

- Buena limpieza de la papa
- Rápido tiempo de lavado
- Máquina compacta
- Cumple con las normas internacionales de inocuidad alimentaria.

- **Desventajas**

- Capacidad de lavado menor
- Tamaño de papas estándar
- Difícil de realizar mantenimiento y transporte de la misma

2.2.3.3.1.3. Lavadora de papa por baño o inmersión

Esta máquina realiza el lavado de manera continua, sumergiéndolas y agitándolas en una tina con agua, después enjuaga el producto con chorros de agua a presión

y a su vez avanza a un elevador tipo malla, deshaciéndose de los residuos que se encontraban adheridos a las paredes de la papa, en algunos casos esta máquina posee cepillos que mejoran la limpieza. Dichas maquinas tienen capacidades de lavado entre 25 y 35 Tm/ h (Catálogo de Máquinas agrícolas marca CHILLAN,2010)



Figura 2. 4. Lavadora de papa por baño o inmersión

Fuente: https://es.made-in-china.com/co_foodmachine-china/product

➤ **Funcionamiento**

Baño de inmersión: El proceso comienza al llenar un tanque con el producto pelado o cortado. El producto se sumerge en un baño de líquido (como Nature Seal® u otros conservantes solubles en agua) durante un tiempo ajustable (de 30 a 120 segundos). El nivel de agua en el baño es variable según la cantidad de producto y su tamaño.

Tratamiento delicado: La construcción abierta y de fácil acceso garantiza un manejo suave del producto. Además, el proceso de llenado puede automatizarse mediante una cinta inclinada.

Secado y descarga: Al final del proceso, el producto puede secarse con una cortina de aire opcional y luego descargarse directamente en un contenedor o sobre una cinta de transporte para procesos posteriores.

Las ventajas y desventajas son:

- **Ventajas**

- Excelente limpieza del producto
- Buen consume energético
- Mejor acabado del producto debido a los cepillos incorporados
- Fácil de realizar mantenimiento

- **Desventajas**

- Excesivo consumo de agua
- Dimensiones de la maquina grandes
- Difícil de transportar

2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

En la siguiente imagen se muestran la cantidad de hectáreas empleadas a la producción de papa, también muestra la cantidad de quintales que se producen en el departamento de Potosí

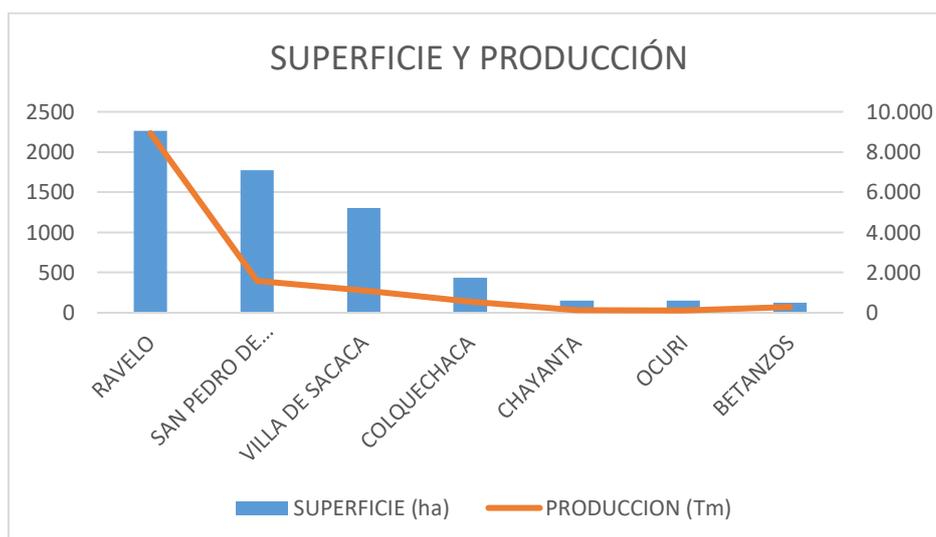


Figura 2. 5. Hectáreas y producción en Potosí

Fuente: INE

En la tabla 2.2, se presenta los principales cultivos de verduras y hortalizas en la localidad de Ravelo según el censo agropecuario realizado en la gestión 2020.

Tabla 2. 2. Cultivo de diferentes productos en el departamento de Potosí.

CULTIVOS	SUPERFICIE (ha)	PRODUCCIÓN (qq)	PRODUCCIÓN (Tm)
RAVELO	2262,4	178655,1	8.933
SAN PEDRO DE BUENA VISTA	1771,1	31900	1.595
VILLA DE SACACA	1303,8	22073,2	1.104
COLQUECHACA	439,2	10960,5	548
CHAYANTA	154,1	2409,6	120
OCURI	151,4	2240	112
BETANZOS	123,9	5995	300

Fuente: INE

Para el siguiente trabajo se ha realizado un estudio respecto al peso de la papa en una fracción de 10 unidades de papa “Imilla” de tamaño mediano con el fin de obtener el peso adicional que tiene la papa con tierra. Los datos son señalados en la siguiente tabla:

Tabla 2. 3. Resultados de la prueba de lavado de papas.

PAPA	UNIDADES	PESO (g)	CANTIDAD DE TIERRA DESPRENDIDA (g)	CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA (l)
PAPA CON TIERRA	10	825	67	3.5
PAPA SIN TIERRA	10	758		

Fuente: Elaboración propia

Para el lavado de las papas, se han utilizado 3.5 litros de agua, obteniendo unas papas limpias y listas para el consumo

En la siguiente tabla se muestra las características técnicas de los diferentes tipos de lavadoras de papa.

Tabla 2. 4. Datos comparativos de diferentes tipos de lavadoras de papa

MÁQUINA	CAPACIDAD DE LAVADO Tm/h	CONSUMO DE AGUA l/h	Potencia del motor	Facilidad de montaje y desmontaje	Lavadora portable	Variador de frecuencia
LAVADORA DE TAMBOR GIRATORIO QXJ-A/B MARCA WALLEY MACHINERY	1.5	600	3.7 kW	Si	Si	No
LAVADORA DE RODILLOS CON CEPILLOS MARCA ALUTEC FOOD CAMPESATO	3	1100	2,2 kW	No	No	Si
LAVADORA CON SISTEMA SUMERGIBLE MARCA CALIBRAFRUTA LTDA.	5	1400	6,5 kW	No	No	Si

Fuente: <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/lavadora-patatas-2.html>

2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Una vez conocidos los tipos de máquinas que se utilizan para el lavado de papas, vemos que la mejor máquina es la lavadora de tambor giratorio ya que esta tiene menor consumo de agua y tiene mayor capacidad de lavado, realiza un mejor desempeño y es posible adecuar a los requerimientos de los agricultores en la localidad de Ravelo.

En la Tabla 2.4 se muestran datos principalmente respecto a la capacidad de lavado y el consumo de agua mostrando grandes diferencias unas entre otras siendo la de tambor giratorio la lavadora que tienen mejores ventajas.

2.4.1. Componentes de la lavadora de tambor giratorio

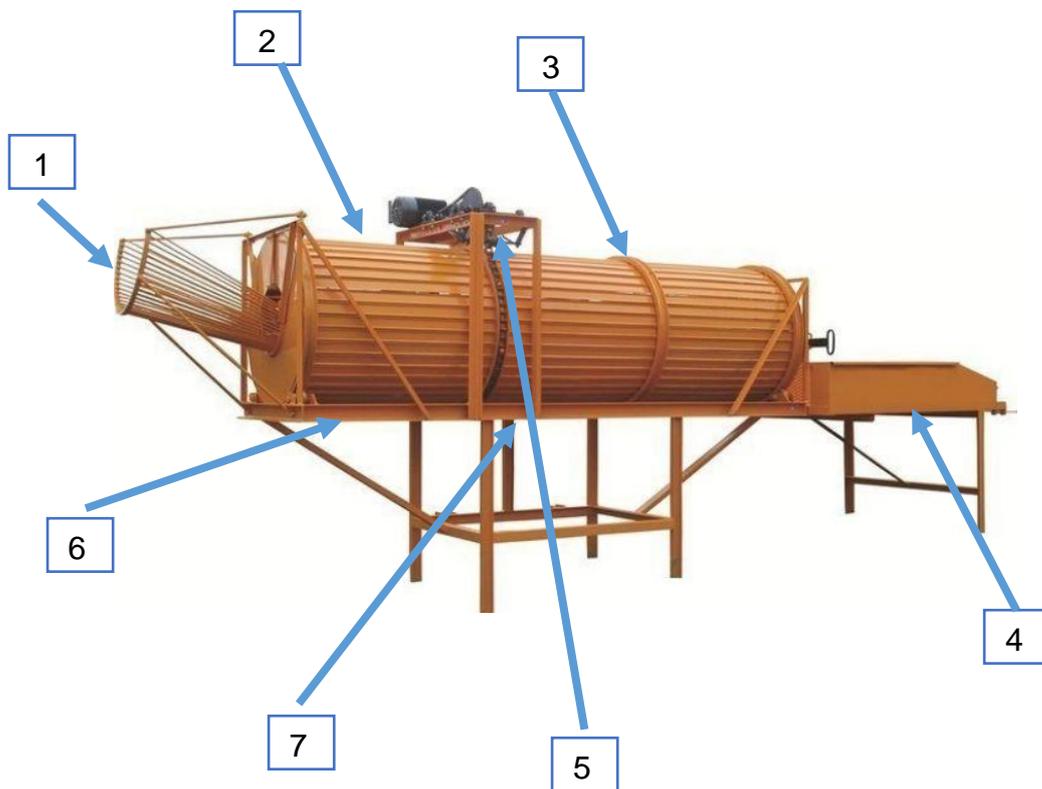


Figura 2. 6. Partes de la lavadora de tambor giratorio

Fuente: <https://raullujan.com/es/productos/lavadora-rotativa-135.htm>

1-Tolva de alimentación

Una tolva de alimentación es un componente fundamental en una lavadora de papa industrial. Se trata de un recipiente o depósito, generalmente de gran capacidad, diseñado para contener la carga de papas que se introducirán en el proceso de lavado. Normalmente está conformado por una reja donde se produce la primera etapa de limpieza de la tierra, como producto del golpe entre sí, la tierra adherida en las papas se suelta y deja caer gran parte de la tierra.

2-Tambor giratorio

El tambor giratorio es un componente esencial en muchas lavadoras de papas industriales. Es un cilindro de gran tamaño, generalmente fabricado en acero inoxidable, que rota dentro de una carcasa. Este tambor contiene las papas que se van a lavar y, gracias a su movimiento, permite una limpieza eficaz y eficiente.

Las dimensiones del tambor son variables respecto a la capacidad de lavado que se necesita, los diámetros de los cilindros o tambores normalmente oscilan entre los 50 a 75 cm para una producción promedio de 3 Tm/h (Marcus,2017). La velocidad de rotación varía entre 4 a 12 rpm. (Miracle,2018). La tabla en anexos C8 explica las características generales para las lavadoras de papas respecto a las dimensiones, potencia y velocidades de rotación.

3- Sistema de aspersión de agua

Un sistema de aspersión de agua es un componente fundamental en una lavadora de papas que utiliza un tambor rotativo. Este sistema se encarga de distribuir de manera uniforme el agua sobre las papas que se encuentran dentro del tambor, facilitando así la remoción de la tierra y otros contaminantes.

El sistema de aspersión consta generalmente de 10 aspersores distribuidos en la longitud total del cilindro, el primer aspersor tiene la función de humedecer la tierra para que sea más fácil desprenderla, funciona a 2 bares de presión, los 3 siguientes aspersores tienen una mayor presión debido a que son los encargados de desprender la tierra, los 3 siguientes realizan un proceso de enjuague desprendiendo la tierra en gran parte, y finalmente, los 4 últimos aspersores brindan una mejor limpieza a las papas hasta presentar unas papas totalmente limpias y listas para pasar al proceso final de secado. (Zárate, 2021)

4- Tolva de descarga

La tolva de descarga es un componente final en una lavadora de papas industrial. Una vez que las papas han sido limpiadas y enjuagadas en el tambor rotativo, son transferidas a esta tolva para su descarga.

5- Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es el conjunto de componentes mecánicos que permiten convertir el movimiento de un motor en el movimiento rotatorio del tambor de lavado de una lavadora de papas. Este movimiento es fundamental para el proceso de limpieza, ya que provoca la fricción entre las papas y el agua, eliminando así la tierra y otros contaminantes.

Generalmente los sistemas de transmisión recomendados por los fabricantes son de cadena de rodillos y poleas en "V"

6- Estructura

La estructura principal que soporta todos los componentes de la máquina. Es como el esqueleto de una persona, proporcionando estabilidad, rigidez y resistencia.

Dicha estructura debe ser resistente tanto al peso total de todos los elementos como al desgaste producido por la humedad, preferentemente construido con acero inoxidable AISI 304, pero por sus costos elevados podría ser de acero al carbono ASTM A36 con un buen recubrimiento anticorrosivo. (Zárate, 2021)

7- Sistema de drenaje de agua

El sistema de drenaje es un componente crucial en una lavadora de papas, ya que se encarga de eliminar el agua sucia y los residuos del proceso de lavado. Este sistema garantiza la higiene y eficiencia de la máquina.

2.4.2. Principio de funcionamiento

Una máquina lavadora de papas con tambor giratorio funciona mediante fricción y agitación para remover la suciedad de las papas de manera eficiente.

El principio de funcionamiento de este tipo de máquina es el siguiente:

- Las papas se introducen mediante la tolva de alimentación en el tambor giratorio que está perforado para permitir el paso del agua y la salida de los residuos y la suciedad.
- El tambor comienza a girar, y al mismo tiempo, se inyecta agua en el interior del tambor para rociar las papas y facilitar el proceso de lavado.
- A medida que el tambor gira, las papas entran en contacto con el agua y con otros elementos dentro del tambor, como aspas o cepillos suaves, que ayudan a frotar la superficie de las papas y eliminar la tierra y los residuos adheridos.
- La combinación de la acción mecánica de frotamiento, la agitación generada por el giro del tambor y el flujo constante de agua asegura una limpieza efectiva de las papas.

2.4.3. Materiales de fabricación

Los materiales utilizados en la construcción de una lavadora de papas dependen de varios factores, como el tamaño de la máquina, su capacidad de producción, el tipo de papas que se procesarán y el presupuesto disponible. Sin embargo, hay algunos materiales comunes que se utilizan en la mayoría de las lavadoras de papas: (Horwitz,2012)

Estructura:

- **Acero inoxidable:** Es el material más común para la estructura de una lavadora de papas, ya que es resistente a la corrosión, duradero y fácil de limpiar. Se utiliza en diferentes grados, como el AISI 304 o el AISI 316, que son especialmente adecuados para ambientes húmedos y con contacto con alimentos.
- **Aluminio:** Es una opción más ligera que el acero inoxidable, pero también es menos resistente a la corrosión y a los golpes. Se suele utilizar en lavadoras de papas de menor tamaño o para aplicaciones de menor exigencia.
- **Acero ASTM A-36:** Se convierte en la opción más viable y menos costosa por su facilidad de adquisición en los mercados de la ciudad de Potosí, las propiedades físicas contribuyen a una alta resistencia a la tracción y compresión, este material tiene la desventaja de su fácil oxidación, pero con una capa protectora de pintura anticorrosiva la estructura tiene una duración más prolongada. (Horwitz,2012)

Tanque de lavado:

- **Acero inoxidable:** Al igual que la estructura, el acero inoxidable es el material más común para el tanque de lavado, ya que es resistente a la corrosión, duradero y fácil de limpiar.
- **Polietileno de alta densidad (HDPE):** Es una opción más económica que el acero inoxidable y es resistente a la corrosión y a los productos químicos.

Sin embargo, no es tan duradero como el acero inoxidable y puede deformarse con el calor. (Horwitz,2012)

Componentes mecánicos:

- **Acero inoxidable:** Se utiliza para fabricar componentes mecánicos como engranajes, ejes, cojinetes y rodamientos, ya que es resistente a la corrosión, duradero y tiene buena resistencia al desgaste.
- **Hierro fundido:** Se utiliza para fabricar componentes mecánicos que requieren alta resistencia y rigidez, como la base de la máquina o el marco del transportador.

Cepillos:

- **Nylon:** Es el material más común para los cepillos de las lavadoras de papas, ya que es resistente al desgaste, flexible y efectivo para eliminar la suciedad y los residuos de las papas.
- **Polipropileno:** Es una opción más económica que el nylon y también es resistente al desgaste y flexible. Sin embargo, no es tan efectivo para eliminar la suciedad y los residuos de las papas como el nylon.

Sistemas de control

- **Componentes electrónicos:** Se utilizan para controlar el funcionamiento de la máquina, como el motor, los transportadores y los sistemas de aspersion de agua. Los componentes electrónicos deben ser resistentes a la humedad y al polvo.

Otros materiales

- **Goma:** Se utiliza para fabricar juntas, mangueras y otros componentes que necesitan ser flexibles y resistentes al agua.
- **Plástico:** Se utiliza para fabricar componentes como tapas, protectores y paneles de control.

Selección de materiales

La selección de los materiales adecuados para una lavadora de papas es importante para garantizar su rendimiento, durabilidad y seguridad. Los factores a considerar al seleccionar materiales incluyen:

- **Resistencia a la corrosión:** Los materiales deben ser resistentes a la corrosión causada por el agua, los productos químicos y los ácidos que se encuentran en los alimentos.
- **Durabilidad:** Los materiales deben ser duraderos y capaces de soportar el uso continuo y la exposición a la humedad.
- **Facilidad de limpieza:** Los materiales deben ser fáciles de limpiar y desinfectar para evitar la contaminación de los alimentos.
- **Seguridad alimentaria:** Los materiales deben ser aptos para el contacto con alimentos y no deben contener sustancias nocivas.
- **Costo:** El costo de los materiales debe ser considerado dentro del presupuesto del proyecto.

Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304

El acero inoxidable AISI 304, también conocido como acero inoxidable 18/8 o A2, es un tipo de acero inoxidable austenítico que se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión y su buena ductilidad. Es uno de los aceros inoxidables más utilizados debido a su versatilidad y su amplia gama de aplicaciones. (Horwitz,2012)

- **Buena ductilidad y maleabilidad:** El acero inoxidable AISI 304 puede ser fácilmente formado en diferentes formas mediante procesos como el laminado, el forjado y el embutido.
- **Soldabilidad:** El acero inoxidable AISI 304 es fácilmente soldable, lo que lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones.

- **Resistencia al desgaste:** El acero inoxidable AISI 304 tiene una buena resistencia al desgaste, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde hay fricción y abrasión.
- **Resistencia a la fatiga:** El acero inoxidable AISI 304 tiene una buena resistencia a la fatiga, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde hay cargas cíclicas.

En general, el acero inoxidable AISI 304 es un material con excelentes propiedades físicas que lo hacen ideal para una amplia gama de aplicaciones en especial las alimenticias.

Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

El acero ASTM A36, también conocido como acero laminado negro o acero estructural, es un tipo de acero al carbono de baja aleación que se caracteriza por su alta resistencia y ductilidad. Es uno de los aceros más utilizados en construcción debido a su bajo costo y su facilidad de mecanizado y soldadura.

- **Buena ductilidad y maleabilidad:** El acero ASTM A36 puede ser fácilmente formado en diferentes formas mediante procesos como el laminado, el forjado y el embutido.
- **Soldabilidad:** El acero ASTM A36 es fácilmente soldable, lo que lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones en construcción.
- **Tenacidad:** El acero ASTM A36 tiene una buena tenacidad, lo que le permite absorber energía antes de fracturarse.
- **Resistencia al impacto:** El acero ASTM A36 tiene una resistencia al impacto moderada, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde hay riesgo de golpes o impactos.

En general, el acero ASTM A36 es un material con buenas propiedades físicas que lo hacen ideal para una amplia gama de aplicaciones en construcción, como la construcción de edificios, puentes y estructuras. (Horwitz,2012)

2.5. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

A fin de satisfacer los objetivos propuestos, el diseño de la lavadora se realizará bajo las siguientes consideraciones:

- ✓ La lavadora debe tener la capacidad de lavar 1,8 Tm de papa por hora.
- ✓ El tambor de la lavadora debe girar a la velocidad adecuada para no dañar las papas durante el lavado. La velocidad recomendada está dentro el parámetro de 4 a 20 rpm. Dicha velocidad es general y recomendada para máquinas que desempeñan la función de lavado de papas. (Anexo C8). En el caso del presente proyecto se establecen 12 rpm debido a la capacidad de lavado y el tamaño del tambor.
- ✓ El caudal y la presión del agua en los aspersores debe ser la mínima necesaria para obtener un buen lavado sin dañar las papas. Para la lavadora de papas, se establece una presión equivalente a 2 bares que es parecida a la presión tipo ducha. (Anexo C6). Esa presión elegida es la suficiente para desprender la tierra de las cascaras.
- ✓ Debe ser resistente a las condiciones climáticas, por lo que los principales elementos deben ser diseñados con materiales de buena calidad. Como por ejemplo en acero AISI 304 que es un acero Inoxidable.
- ✓ Que utilice energía eléctrica como fuente de energía.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los parámetros de diseño:

Tabla 2. 5. Parámetros de diseño

N°	ITEM	CARACTERÍSTICAS
1	ALIMENTACIÓN	MOTOR ELÉCTRICO
2	MATERIALES	RESISTENTES A LA CORROSIÓN
3	CAPACIDAD DE LAVADO	1.8 TONELADAS/HORA
4	TRANSPORTE	FACILIDAD DE MOVILIDAD
5	POTENCIA DEK MOTOR	5,5 Hp

Fuente: Elaboración propia

Para este efecto, la lavadora estará provista de los elementos y los materiales que se detallan a continuación:

2.5.1. Tolva o canasta de alimentación

La tolva de alimentación está compuesta principalmente por barras de acero liso de material de ASTM A-36 con una protección de pintura anticorrosiva, formando una reja cónica cuya principal función es la de recibir las papas en la etapa de prelavado, debido a su forma las partículas de tierra más grande se desprenden por efecto de golpes al momento de la descarga, posteriormente se empujan de manera manual al Tambor Giratorio. En la siguiente imagen se presenta la forma de la tolva de entrada.



Figura 2. 7.Tolva o canasta de alimentación
Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Tambor giratorio

El tambor giratorio típicamente consiste en una estructura cilíndrica de metal perforado, generalmente acero inoxidable, que gira sobre un eje dentro de la lavadora. Los orificios en la superficie del tambor permiten el paso del agua y la circulación de los tubérculos durante el lavado.

Función: La función principal del tambor giratorio es proporcionar un movimiento suave y continuo a las papas mientras se las rocía con agua a presión. Este movimiento combinado con el agua a presión ayuda a:

Eliminar la suciedad, tierra y residuos: El movimiento del tambor y el agua a presión ayudan a desprender y eliminar la suciedad, tierra y otros residuos adheridos a la superficie de las papas.

Frotar las papas entre sí: El movimiento del tambor y la fricción entre las papas ayudan a eliminar las imperfecciones superficiales y a suavizar la piel de las papas.

Homogeneizar el lavado: El movimiento giratorio del tambor garantiza que todas las papas reciban una limpieza uniforme, evitando puntos ciegos o áreas mal lavadas. El esquema del tambor giratorio se muestra en la siguiente imagen:

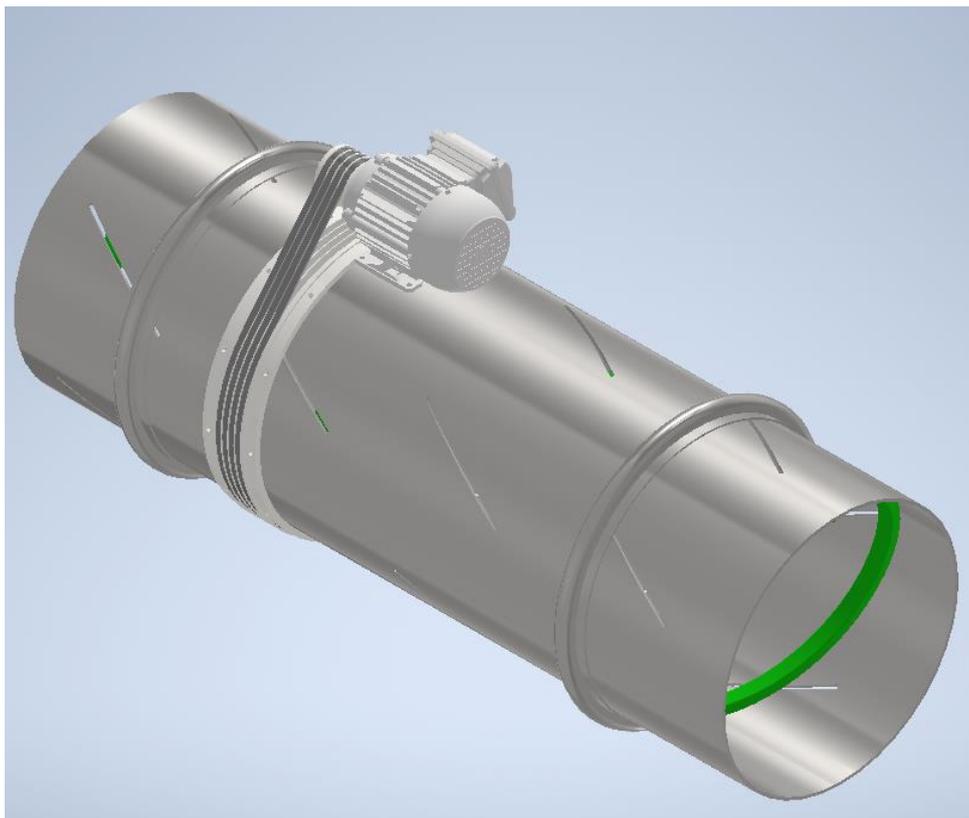


Figura 2. 8.Conjunto del Tambor Giratorio

Fuente: Elaboración propia

El conjunto perteneciente al tambor giratorio tiene entre sus componentes:

- **Tambor**

El material del tambor que se seleccionará para el diseño es el Acero Inoxidable AISI 304 eso debido al constante contacto con el agua, el rozamiento de las papas que contienen tierra, además al considerarse una maquina en contacto con el alimento se recomienda el uso de este acero.

En la pared del tambor existen ranuras cuya función es permitir el escurrimiento de la tierra e impurezas adheridas en las paredes de las papas que con ayuda del agua y la fricción entre si las desprenden.

- Cálculo De La Longitud Del Tambor

Para el siguiente cálculo se recomienda tomar en cuenta los siguientes datos:

Capacidad = 30 kg/min

Diámetro del tambor = 0.7 m

Caudal según catalogo = 1.6 l/min

N° de aspersores = 10

Caudal Total = 16 L/min

$P_{papa} = 530 \text{ kg/m}^3$

$$V_{papa} = \frac{m_{papa}}{\rho_{papa}}$$

$$V_{papa} = \frac{30 \text{ kg}}{530 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.0566 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.1})$$

Volumen de agua = 0.000260 m³

Volumen total:

$$V_{total} = V_{papa} + V_{agua} \quad (\text{Ec.2})$$

$$V_{total} = 0.0566 + 0.00026 = 0.05686 \text{ m}^3$$

Volumen del tambor:

$$V_{tambor} = \frac{V_{Total}}{\%} \quad (\text{Ec.3})$$

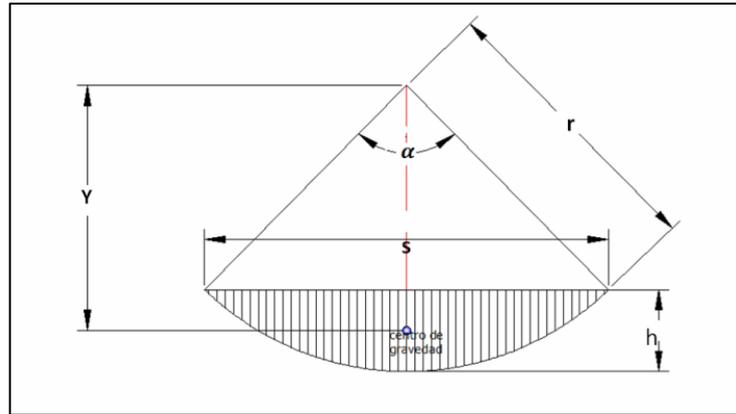


Figura 2. 9. Cálculo del volumen del tambor
Fuente: Elaboración propia

Donde:

H= altura de la papa

D= 0.7 m

El espacio ocupado es de 5.81%

Reemplazando datos en Ec.3 se tiene:

$$V_{tambor} = \frac{0.056626}{7\%} = 0.808942 \text{ m}^3$$

Con ese resultado obtenido previamente se procede a calcular la longitud del tambor

$$L_{tambor} = \frac{V_{cilindro}}{\pi * r^2} = \frac{0.808942 \text{ m}^3}{\pi * (0.35\text{m})^2} = 2.1019 \text{ m}$$

- Cálculo de potencia para el motor del tambor

En este apartado se obtendrá la potencia requerida del motor para hacer girar a las papas cuando el tambor se encuentre ya cargado.

$$P_{OT} = M_O * W$$

Donde:

P_{OT} = Potencia de diseño

M_o = Momento Torsor

W = Velocidad de giro

- Cálculo del momento torsor

$$M_o = m * g * r$$

En donde

M_o = Momento Torsor

m = Masa total que ingresan al tambor

g = Gravedad

r = Radio

- Cálculo de la masa total

$$m = m_{papa} + m_{H2O}$$

Para sacar el consumo de agua se calcula por semejanza de la LAVADORA DE TAMBOR GIRATORIO QXJ-A/B MARCA WALLEY MACHINERY

$$\begin{array}{l} 1.5 \text{ Tm/h} \longrightarrow 600 \text{ kg}_{H2O} \\ 1.8 \text{ Tm/h} \longrightarrow x? \end{array}$$

$$X = 720 \text{ kg}_{H2O} \text{ para una capacidad de } 1.8 \text{ Tm/h}$$

Para calcular la masa total será para una producción de tres tiempos en una hora.

$$m = 600 \text{ kg} + 240 \text{ kg}_{H2O}$$

$$m = 840 \text{ kg}$$

Teniendo la masa se calcula el momento torsor.

$$M_o = 840 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.35\text{m}$$

$$M_o = 2881.2 \text{ Nm}$$

Se calcula la potencia del motor para una velocidad de giro de 12rpm o 1,25 rad/s.

$$P_{OT} = 2881.2 \text{ Nm} * 1.25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{OT} = 3601.5 \text{ watts} \approx 4.829 \text{ hp}$$

- Cálculo del momento torsor

Se obtiene de la siguiente ecuación:

$$M_o = m * g * r_{int}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$M_o = 45 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.35 \text{ m}$$

$$M_o = 154.5 \text{ N} * \text{m}$$

- Cálculo de la potencia de diseño

$$Pot_{otn} = M_o * W$$

$$Pot_{otn} = 154.5 \text{ N} * \text{m} * 2.61 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Pot_{otn} = 403.25$$

Para corroborar los cálculos y a resistencia del material a dichas cargas, se procede a realizar una simulación de esfuerzos en el cilindro, por lo tanto, se tiene:

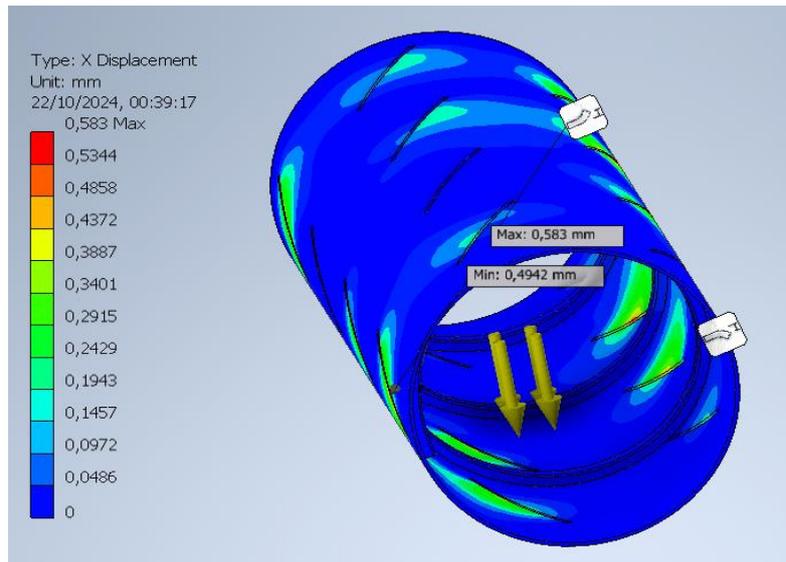


Figura 2. 10. Simulación de cargas en el cilindro
Fuente: Elaboración propia

Mediante la simulación y la tabla de resultados se puede verificar que su resistencia y desplazamiento son admisibles para las cargas dinámicas a la que está sometido el cilindro.

Tabla 2. 6. Resultados de la simulación de cargas

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,4942 mm	0,583mm
Fuerzas	Fx	-650 N	650 N
	Fy	-650N	650 N
	Fz	-37,245 N	1351,295 N
Momentos	Mx	-180335,089 N mm	107341,673 N mm
	My	-171550,961 N mm	100428,605 N mm
	Mz	-5883,618 N mm	5879,520 N mm
Tensiones normales	Smax	-4,545 MPa	51,578 MPa
	Smin	-52,844 MPa	0,081 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	51,968 MPa
	Smin(Mx)	-51,968 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	49,437 MPa
	Smin(My)	-49,437 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-4,601 MPa	0,127 MPa
Tensión de corte	Tx	-6,172 MPa	6,174 MPa
	Ty	-6,509 MPa	6,508 MPa
Tensiones de torsión	T	0,000 MPa	0,000 MPa
Factor de seguridad	u	3.15	15
Tension de Von Misses	Mpa	0.000	142.33

Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de transmisión mediante correas en V**

Esta unida al tambor mediante 24 tornillos a una distancia equivalente a un tercio de la longitud del tambor.

- **Guiadores externos**

Tienen la función principal de evitar que surja desplazamiento axial por la carga recibida y el movimiento de giro que tiene el tambor.

Los mismos están soldados a 300 mm del borde en cada extremo de tambor debido a que son los puntos más críticos.

- **Guiador interno**

El guiador interno tiene 2 funciones importantes en el proceso de lavado. La primera función es la de conducir a las papas desde un punto de la tolva de entrada hasta la tolva de salida. La otra función es la de quitar la tierra mediante cepillos que ayudan a realizar el lavado de una manera más eficiente.

2.5.3. Sistema de aspersión

La función principal del sistema es la de rociar agua con una presión de 2 bar (**Anexo C6**) con el fin de humedecer las papas y mediante la fricción que existe entre sí y el rozamiento en las paredes del tambor la tierra se desprenda, una vez que se ha desprendido la tierra durante su paso de la papa en el cilindro otros chorros de agua se encargan del enjuague y el lavado final.

La distribución de los aspersores está con una separación es equivalente a 350 mm, consta de 10 aspersores a lo largo de tambor. La fuerza seleccionada es suficiente para eliminar restos de tierra en la superficie.



Figura 2. 11. Sistema de Aspersión

Fuente: Elaboración Propia

Los aspersores están alimentados mediante una bomba cuyas características están detalladas en el (**Anexo C7**)



Figura 2. 12. Bomba para riego

Fuente: <https://www.bombadeagua.es>

2.5.4. Tolva de descarga

La tolva de descarga tiene la función principal de recibir las papas ya lavadas y guiarlas al espacio de secado para después sean almacenados y posteriormente despachados.

Está construida con plancha de acero inoxidable AISI 304 de un espesor de 2 mm.

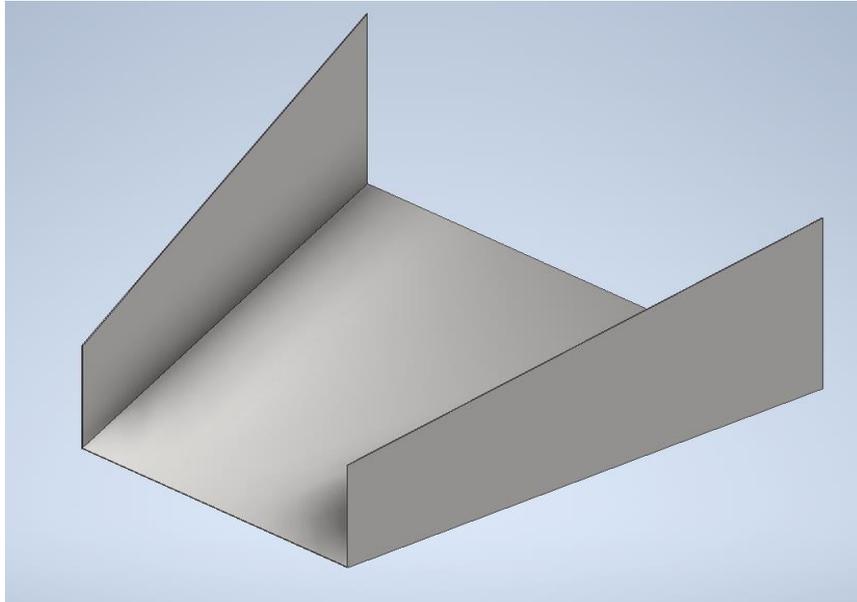


Figura 2. 13.Tolva de descarga
Fuente: Elaboración propia

2.5.5. Sistema de transmisión mediante correas en V

El sistema de transmisión está compuesto por un motor, una polea motriz y otra conducida adherida al tambor giratorio, se ha seleccionado estas características debido a que su comportamiento ante el agua es mucho más beneficioso que otros métodos de transmisión de movimiento y potencia como ser cadenas y engranajes, además las construcciones de las poleas tienen un costo reducido a comparación de los otros. Para el presente proyecto se muestra el esquema del sistema de transmisión:

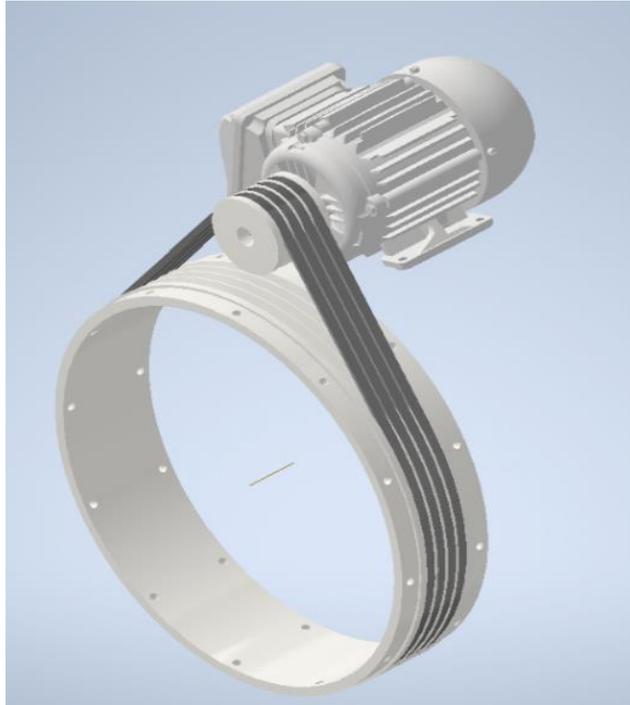


Figura 2. 14.Componentes del sistema motriz
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se resumen los datos técnicos para el sistema de transmisión de potencia mediante correas:

Tabla 2. 7. Componentes del sistema de transmisión.

Nº	ELEMENTO	CARACTERISTICAS	
1	MOTOR	POTENCIA	5,5 Hp
		VELOCIDAD DE SALIDA	720 RPM
		CARCASA	160 M
		POLOS	8 POLOS
		TORQUE	5,4 (kgfm)
2	POLEA MOTRIZ	Nº DE CORREAS	4
		DIÁMETRO PRIMITIVO	112 mm
		DIÁMETRO DEL EJE	45 mm
		VELOCIDAD DE GIRO	720
3	POLEA CONDUCTIDA	Nº DE CORREAS	4
		DIÁMETRO PRIMITIVO	630 mm
		SUJECIÓN AL TAMBOR MEDIANTE 24 TORNILLOS	
		VELOCIDAD DE GIRO	12 rpm
4	CORREA	TIPO B	B83
		VELOCIDAD DE LA CORREA	4,22 m/s
		LONGITUD DE CORREA	2132,64 mm

Fuente: Elaboración propia

Los datos reflejados en Tabla 2.7 son justificados mediante el siguiente análisis matemático:

- **Selección del motor**

Potencia del motor = 5.5 Hp

N del motor = 720 rpm

Carcasa del motor = 160 M

Se selecciona un motor de VIII POLOS del catálogo de motores WEG (Anexo C1)

- **Selección del tipo de correa**

El tipo de correa es seleccionado mediante la siguiente ecuación y mediante la tabla expuesta en (Anexo C2)

$$Fcp = 5.5 * 1.3 = 7.15$$

- **Selección del diámetro de las poleas**

De la tabla expuesta en (Anexo C3) se selecciona las poleas en base a los requerimientos para el motor y el tambor giratorio.

- **Relación de velocidades:**

$$k = \frac{630}{112} = 5.625$$

- **Distancia entre centros= l=400 mm**

- **Longitud de la correa:**

$$L = 2l + 1.57 * (D + d) + \frac{(D + d)^2}{4l}$$

$$L = 2132.64 \text{ mm}$$

De la tabla en (Anexo C5) se selecciona la correa siendo: **B83**

- **Factor de corrección por arco de contacto**

$$\alpha = 180^\circ - 57 * \frac{630}{112} = 106,185^\circ$$

- **Velocidad de correa**

$$\frac{\pi * d * N}{60 * (1000)} = 4.22 \text{ m/s}$$

- **Nº de correas**

$$N^{\circ} \text{ de correas} = \frac{Pc}{Pe} = \frac{7.15}{1.78} = 4.016$$

2.5.6. Estructura

La estructura de una lavadora de papas juega un papel crucial en el funcionamiento general de la máquina, proporcionando soporte, albergando componentes mecánicos y facilitando el proceso de lavado. A continuación, se detallan las funciones principales de la estructura:

Soporte y estabilidad: La estructura rígida de la lavadora de papas brinda soporte y estabilidad a todos los componentes mecánicos rotativos y pesados, como el tambor, los cepillos y los transportadores. Esto asegura un funcionamiento suave y sin vibraciones, minimizando el desgaste y el riesgo de averías.

Facilitar el flujo de agua y papas: La estructura está diseñada para facilitar el flujo eficiente de agua y papas a través de la lavadora. La forma y la disposición de los componentes dentro de la estructura permiten que las papas se muevan sin problemas a lo largo del proceso de lavado, mientras que el agua circula y se drena adecuadamente.

Asegurar la seguridad del operador: La estructura de la lavadora de papas también está diseñada teniendo en cuenta la seguridad del operador. Se incorporan protecciones y barreras para evitar que las manos o la ropa del operador entren en contacto con las partes móviles o zonas de peligro.

Está conformada de acero ASTM A-36 siendo el perfil un tubo cuadrado de 40x40x2 mm de espesor.

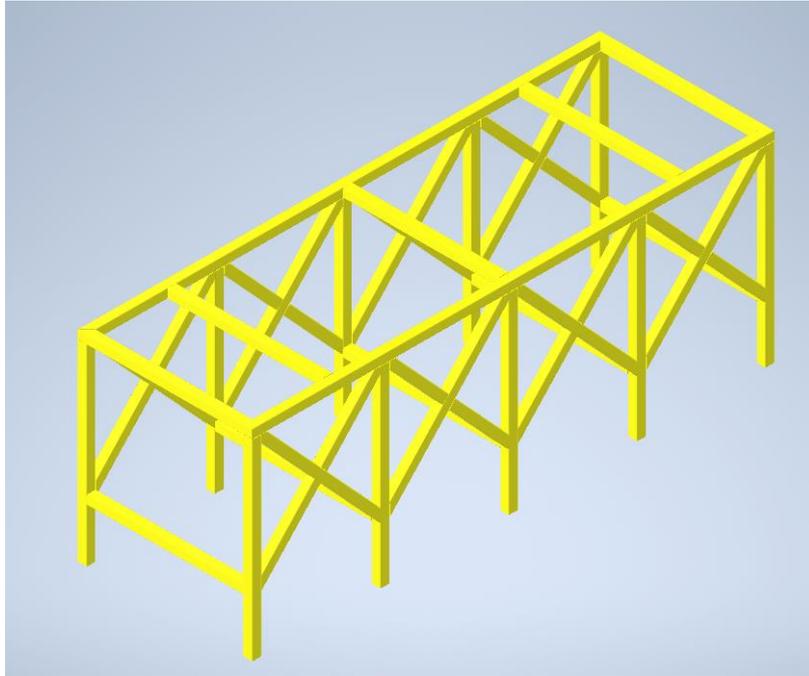


Figura 2. 15. Estructura
Fuente: Elaboración propia

En la estructura están soldados los soportes adicionales para el tambor giratorio, la estructura que soporta al motor y también la que soporta los aspersores.

- **Soportes para el tambor giratorio**

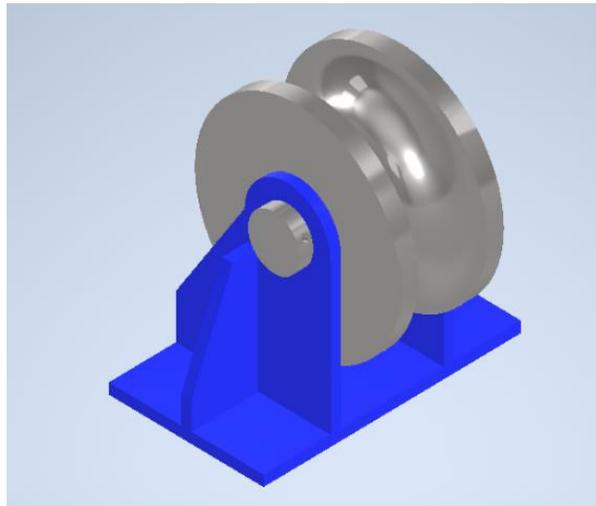


Figura 2. 16. Soportes para el tambor giratorio
Fuente: Elaboración propia

Consta de una placa de anclaje, una rueda, rodamientos y un pasador, la función principal es evitar que en el tambor giratorio exista un desplazamiento axial, también sirve como guizador al tambor ayudando en su movimiento giratorio.

La placa de anclaje esta soldada a la estructura, elaborada con placas de acero de 6 mm de espesor consta de dos alojamientos para los rodamientos, el material seleccionado es Acero ASTM A36 debido a que se encuentra en contacto directo con el agua el anclaje esta recubierto con pintura anticorrosiva.

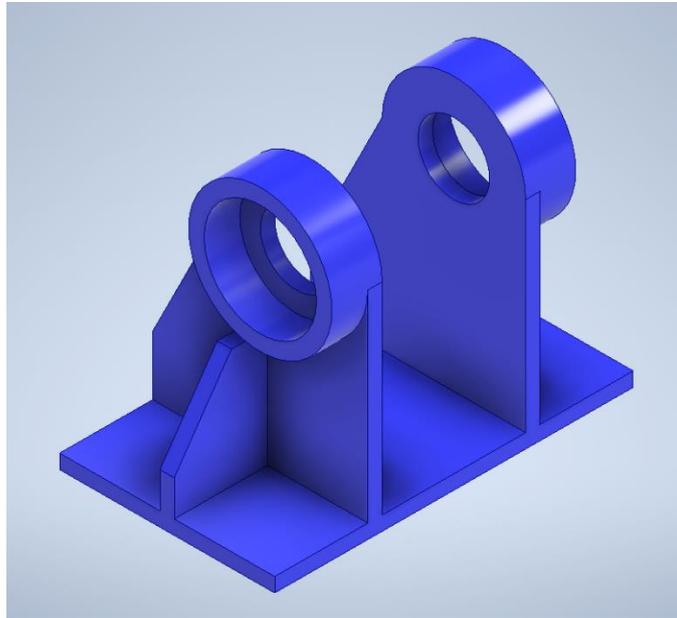


Figura 2. 17. Placa de anclaje
Elaboración: Propia

La rueda es encargada de generar el movimiento giratorio, soporta todo el peso de los elementos actuantes en la lavadora.

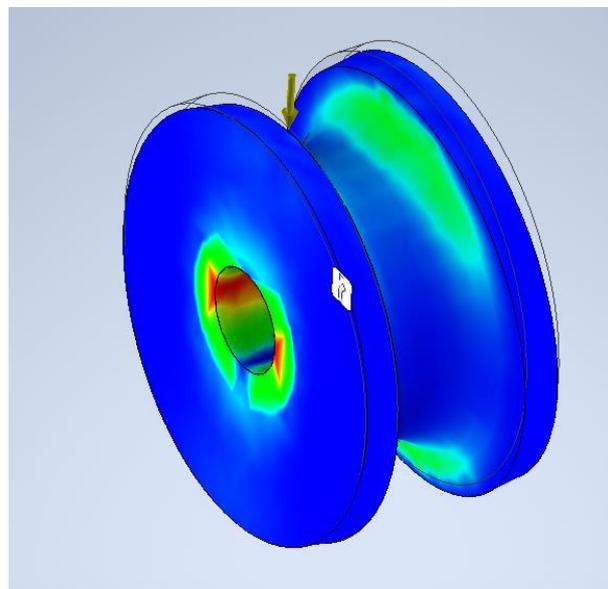


Figura 2. 18. Simulación de cargas en la rueda
Elaboración: Propia

Se ha realizado una simulación de cargas con el fin de comprobar su resistencia de las ruedas ante las cargas actuantes de la lavadora de papas.

Los rodamientos seleccionados son de la marca SKF 6208, han sido seleccionados de la siguiente manera:

El método de cálculo y selección de rodamientos se basa en las ecuaciones descritas en el catálogo de rodamientos SKF.

La vida nominal del rodamiento está dada por:

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

y las horas de funcionamiento del mismo, está dado por:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 n}\right) * L_{10}$$

Existe una fuerza radial de tal forma que:

$$V_R = 4.8 \text{ KN} = F_r$$

Vida del rodamiento. Para este apoyo se selecciona un rodamiento rígido de bolas, las ecuaciones y parámetros que se utilizan para la correcta selección se dan a continuación:

$$\text{Si : } P = F_r \quad \text{Cuando } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = X F_r + Y F_a \quad \text{cuando } \frac{F_a}{F_r} > 0$$

Tabla 2. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas

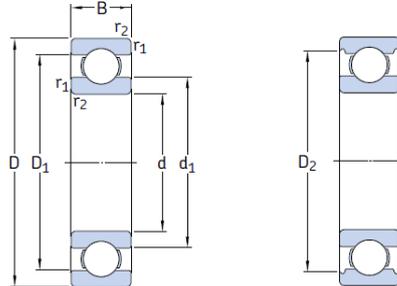
f ₀ F _a /C ₀	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Fuente: Catálogo General de Rodamientos SKF.

Valor mínimo de $e = 0.19$ para juego normal.

Se selecciona el rodamiento 6208 y se tienen los siguientes datos:

Tabla 2. 9. Dimensiones del rodamiento rígido de bolas 6208



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
40	52	7	4,94	3,45	0,19	26 000	16 000	0,034	61808
	62	12	13,8	10	0,43	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	9,15	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,80	18 000	11 000	0,37	* 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308

Dimensiones					Dimensiones de acuerdos y resaltes			Factores de cálculo	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	D _a máx	r _a máx	k _r	f ₀
mm					mm			-	
40	43,7	48,5	-	0,3	42	50	0,3	0,015	14
	46,9	55,1	-	0,6	43,2	58,8	0,6	0,02	16
	49,4	58,6	-	0,3	42	66	0,3	0,02	14
	49,3	58,8	61,1	1	44,6	63,4	1	0,025	15
	52,6	67,4	69,8	1,1	47	73	1	0,025	14
	52	68,8	-	1,1	47	73	1	0,025	13

Fuente: Catálogo general de Rodamientos SKF.

$$f_0 = 14 \quad ; \quad C_0 = 32.5 \text{ kN}$$

Reemplazando valores en la siguiente relación:

$$\frac{F_o * F_a}{C_o} = \frac{14 * 0}{32.5}$$

$$\frac{F_o * F_a}{C_o} = 0$$

Si: $P = F_r$ Cuando $\frac{F_a}{F_r} \leq e$

$$P = F_r$$

$$P = 4.8 \text{ kN}$$

La relación entre la vida nominal básica, la capacidad básica de carga dinámica y la carga del rodamiento está dada por la ecuación:

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

Donde:

L_{10} = Vida útil en millones de revoluciones

C = Capacidad básica de carga dinámica necesaria en el rodamiento

P = Carga dinámica equivalente

p = Para rodamientos de bolas = 3

Reemplazando valores en la ecuación:

$$L_{10} = \left(\frac{32.5}{4.8}\right)^3$$

$$L_{10} = 310.5 \text{ Mrev}$$

Horas de funcionamiento

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 n}\right) * L_{10}$$

Donde:

n = Horas de funcionamiento

Reemplazando datos:

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * 113}\right) * 310.5$$

$$L_{10h} = 45796.5 \text{ h}$$

Por lo tanto, el **Rodamiento Rígido de Bolas 6208** es el que se selecciona para el eje de transmisión de potencia el cual no tiene problemas para soportar las cargas en el eje.

El **pasador** tiene la función de eje en el sistema de soporte del tambor, elaborado de acero AISI 1020

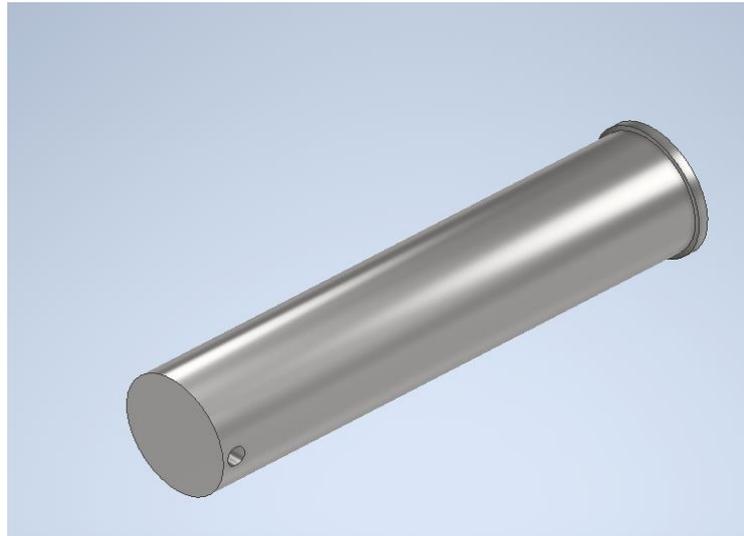


Figura 2. 19. Pasador
Elaboración: Propia

- **Estructura del motor**

Es un pequeño armazón construido con tubo cuadrado de 25x25x2 mm de material Acero ASTM A-36 cuya principal función es la de sostener al motor. Está sujeto mediante el proceso de soldadura por arco eléctrico a la estructura.



Figura 2. 20.Estructura para el motor
Fuente: Elaboración propia

- **Estructura de los aspersores**

Esta estructura es sencilla ya que solo tiene la función de ser el soporte del sistema de aspersión.

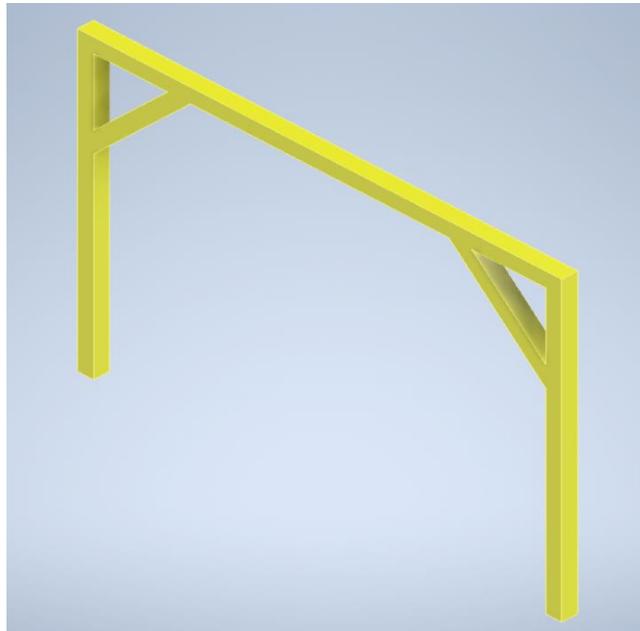


Figura 2. 21.Estructura soporte de los aspersores
Fuente: Elaboración Propia

2.5.7. Bandeja de recolección de agua

La bandeja de recolección de agua está ubicada en la parte inferior del tambor giratorio sujeto a la estructura, posee una salida de desagüe, su función principal es la de captar el agua proveniente del tambor.

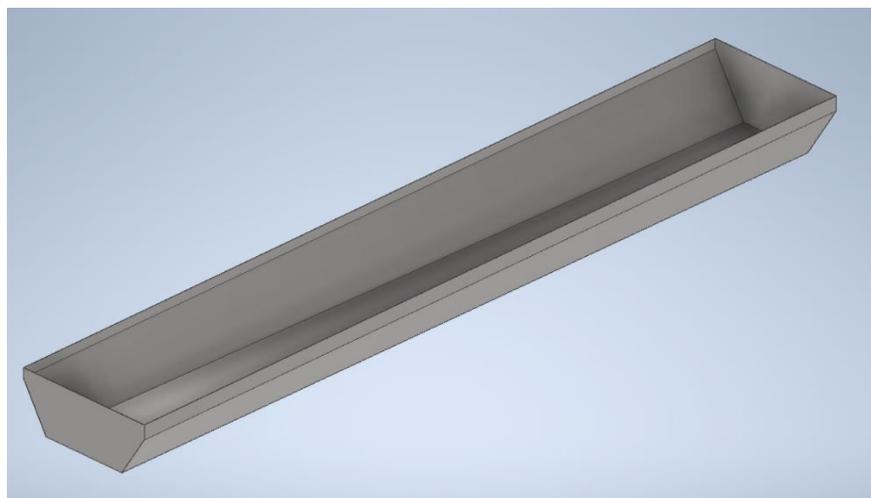


Figura 2. 22. Bandeja recolectora de agua
Fuente: Elaboración propia

Construido con plancha de acero inoxidable de espesor de 2 mm y unido con soldadura mediante arco eléctrico.

En resumen, se han tomado en cuenta los siguientes parámetros para el diseño de la maquina lavadora de papas.

Tabla 2. 10. Parámetros de diseño final

RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO	
CAPACIDAD DE LAVADO	1.8 Tm/ h
VELOCIDAD DE GIRO DEL TAMBOR	12 rpm
DIMENSIONES DEL TAMBOR	Longitud = 2.1 m
	Diámetro = 0,7 m
CAUDAL DE AGUA DE LOS ASPERSORES	1.6 L/m
PRESIÓN DE AGUA EN LOS ASPERSORES	2 y 3 bar

Fuente: Elaboración propia

2.5.8. Simulación de esfuerzos en la estructura

Con el propósito de que el diseño de la estructura este optimiado, en cuanto a los materiales, y sus dimensiones se realizó un análisis de esfuerzos utilizando el software Autodesk Inventor en la estructura, ver Figura 2.23 . Los resultados se muestran en Tabla 2.1.

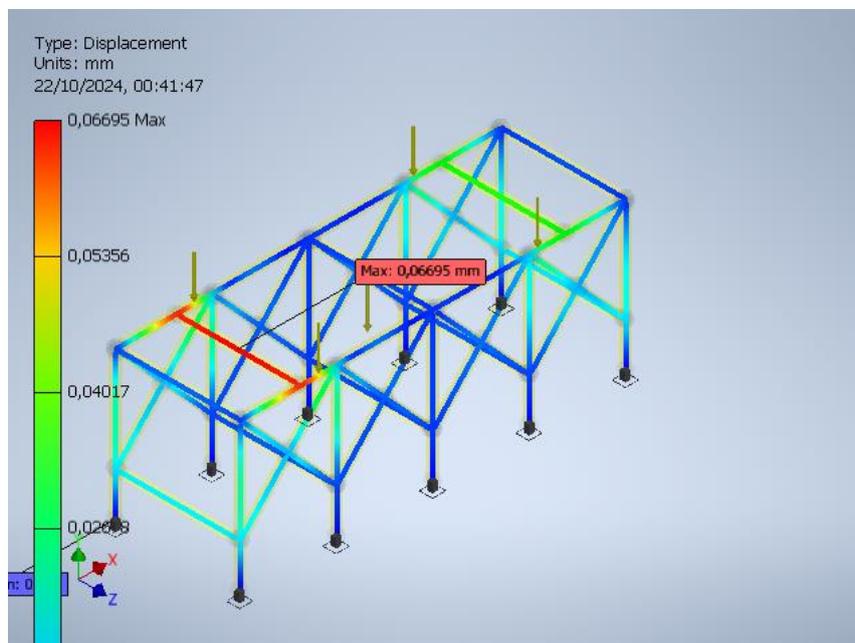


Figura 2. 23. Análisis de esfuerzos de la estructura

Fuente: Propia, software Autodesk Inventor

Para la simulación se han tomado los pesos propios del material (carga muerta) y los pesos de la papa y el agua que llegarían a ser las cargas dinámicas, los resultados que ofrece el software cumplen con los requerimientos de resistencia para la estructura:

Tabla 2. 11.Resultados del análisis de esfuerzos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,06695 mm
Fuerzas	Fx	-829,277 N	829,026 N
	Fy	-874,134 N	874,222 N
	Fz	-37,245 N	1351,295 N
Momentos	Mx	-180335,089 N mm	107051,673 N mm
	My	-171550,961 N mm	100958,605 N mm
	Mz	-5883,618 N mm	5879,520 N mm
Tensiones normales	Smax	-4,545 MPa	51,578 MPa
	Smin	-52,844 MPa	0,081 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	51,968 MPa
	Smin(Mx)	-51,968 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	49,437 MPa
	Smin(My)	-49,437 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-4,601 MPa	0,127 MPa
Tensión de corte	Tx	-6,172 MPa	6,174 MPa
	Ty	-6,509 MPa	6,508 MPa
Tensiones de torsión	T	0,000 MPa	0,000 MPa
Factor de seguridad	u	3,16	15
Tension de Von Misses	Mpa	0.000	165,15

Fuente: Propia, software Autodesk Inventor

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

- El diseño de la lavadora desarrollado en el presente trabajo se convierte en una solución eficaz, eficiente y factible para la obtención de papas más limpias y con la venta a precio justo.
- La producción obtenida es de 1.8 Tm/h, la lavadora de papa diseñada cumple con características específicas y necesidades operativas que garantizan su eficiencia y efectividad. Es fundamental que el equipo esté construido con materiales duraderos y resistentes a la corrosión, y que incorpore un sistema de lavado adecuado, para asegurar una limpieza óptima.
- El diseño de un tambor giratorio para el lavado de papas destaca la importancia de optimizar la eficiencia del proceso. Al garantizar una adecuada circulación del agua y una distribución uniforme de las papas, se logra no solo una limpieza más efectiva, sino también una reducción en el consumo de agua y energía. Este enfoque no solo mejora la calidad del producto final, sino que también contribuye a prácticas más sostenibles en la industria alimentaria. Además, la implementación de este diseño puede resultar en un aumento en la productividad y una disminución de los costos operativos, lo que beneficia tanto a los productores como a los consumidores.
- La máquina consta de una tolva de descarga, la misma que realiza la función de recolección y desagüe lo que garantiza un funcionamiento limpio y eficiente.
- El análisis económico indica que es una máquina accesible para la adquisición debido a que las ganancias aumentarían para los productores presentando un producto de alta calidad.

- Se ha realizado un prototipo mediante softwares CAD con el fin de verificar la resistencia de sus componentes y un funcionamiento de sus elementos y mediante el diseño se garantizan las tareas de mantenimiento reparación de manera sencilla.
- Se ha realizado una ficha técnica de la máquina para conocer sus características técnicas y establecer las fechas de realización de mantenimiento (ANEXO C9).
- Mediante el software CAD se han realizado simulaciones con el fin de conocer los puntos críticos de la máquina, garantizando su funcionamiento y resistencia.

3.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en el momento de la construcción de la lavadora, se mantengan los materiales propuestos.
- Se recomienda el contratar a personal calificado en mecánica industrial para el montaje y armado de los componentes de la lavadora.
- Es fundamental capacitar a los usuarios de la lavadora de papa sobre las prácticas de manejo sostenible y la importancia de la conservación del suelo y las aguas. La sensibilización sobre estos temas también puede contribuir a un uso más responsable de la máquina y a la protección del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García, A., & Martínez, J. (2020). Diseño y desarrollo de maquinaria agrícola moderna. Editorial Agrícola.
- Smith, T., Johnson, R., & Brown, K. (2018). Techniques in Vegetable Processing. Academic Press.
- Alvarado Cruz, E., Caballero Ledezma, F., Carvajal Rodríguez, E., Medina Pacheco, A., Montaña García, R., Navia García, A., & Salinas ferrufino, J. (2012). *Compendio Agropecuario*. La Paz.
- Bolaños, J. M. (2015). *Máquina de Lavado y Cortado de Papas para la Alimentación de Vacas en Producción Lechera*. Ibarra.
- Catálogo de correas DUNLOP
- Smith, J. (2019). "Advances in Potato Processing Technology." *Journal of Food Engineering*, 245, 112-125.
- García, M. et al. (2020). "Evaluation of Different Washing Systems for Potato Cleaning." *Food Science and Technology International*, 27(5), 421-436.
- Danmix. "Lavadora baño de inmersión KDB 120."
- MaquiProcesos. "Lavadora de frutas por inmersión."
- Iriarte, L., & Fernández, J. (2015). "Características sociodemográficas y productivas de la papa en Bolivia." *Revista Técnica De La Facultad Regional Buenos Aires*, 1(1), 28-35. DOI: 10.22402/07188573.1.1.03.

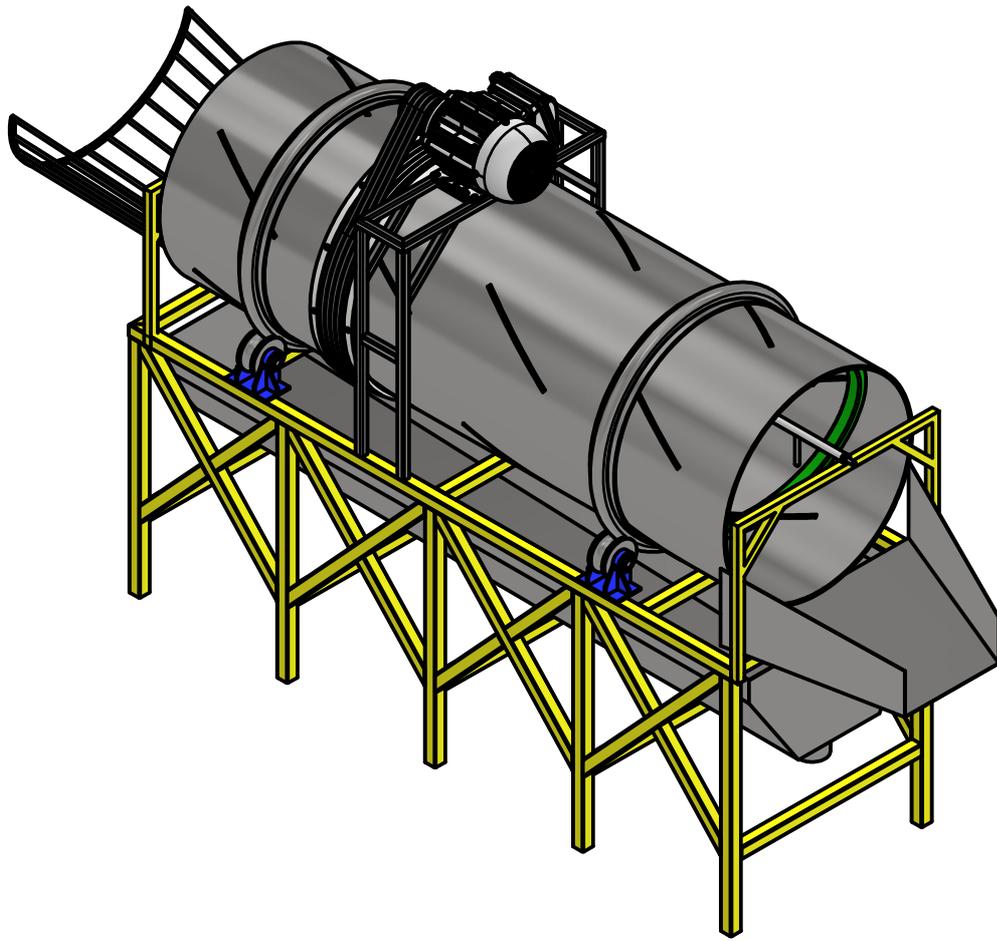
ANEXOS

ANEXO A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO

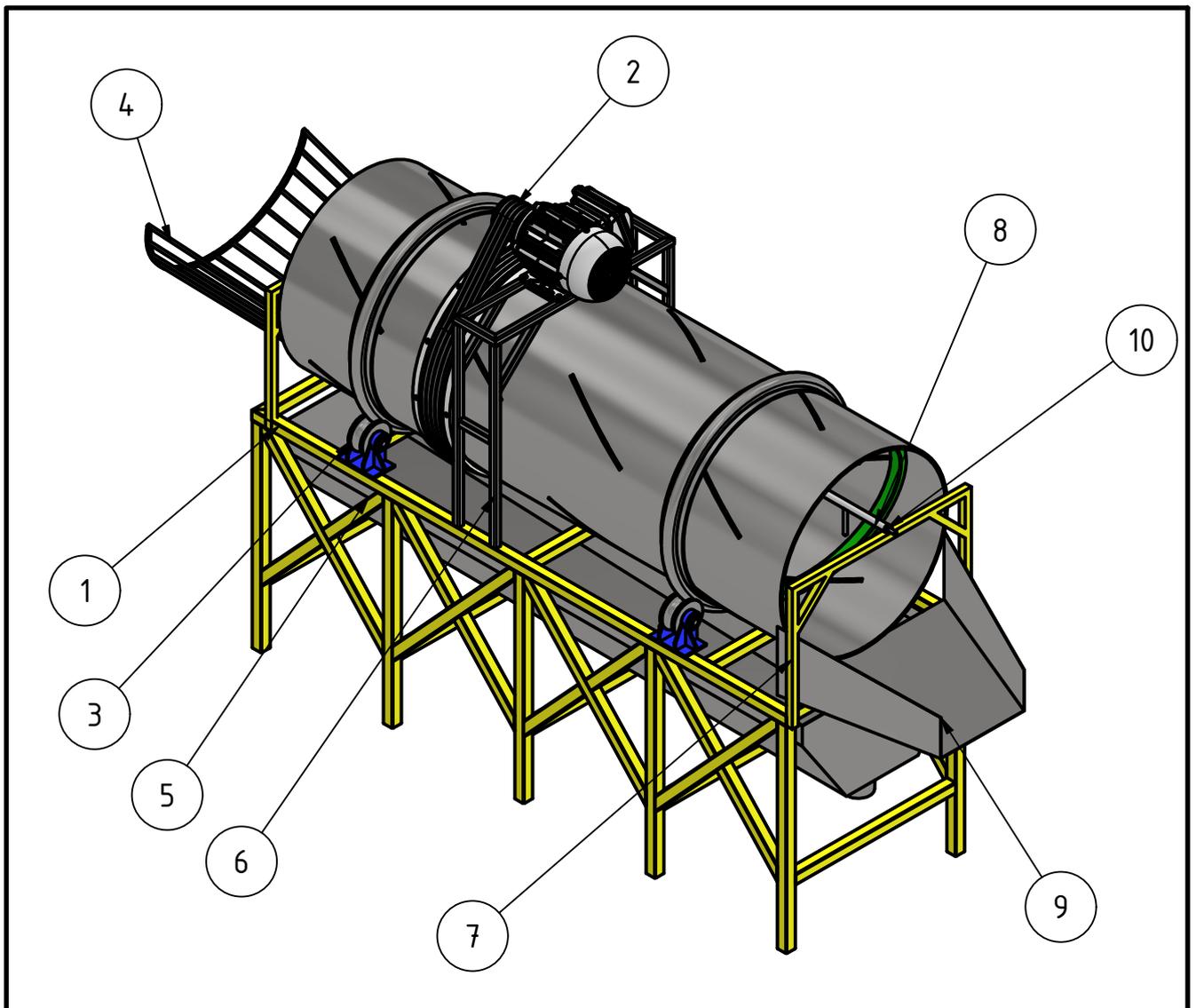
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Lavadora de papa de tambor giratorio		
Capacidad de lavado	1.8	Tm/h
Diámetro del tambor	0,7	m
Longitud del tambor	2.1	m
Velocidad de giro del tambor	12	rpm
Potencia del motor (8 polos, 50 Hz, 220 V)	5.5	hp
Velocidad de giro del eje del motor	720	rpm
Cantidad de aspersores	10	pza
Caudal de agua en los aspersores	15	L/min
Presión de agua en los aspersores	2	bar

La máquina lavadora de papas es robusta, fácil de limpiar, con capacidad y controles ajustables para adaptarse a las necesidades del usuario, también es fácil de realizar el mantenimiento respectivo.

ANEXO B. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN



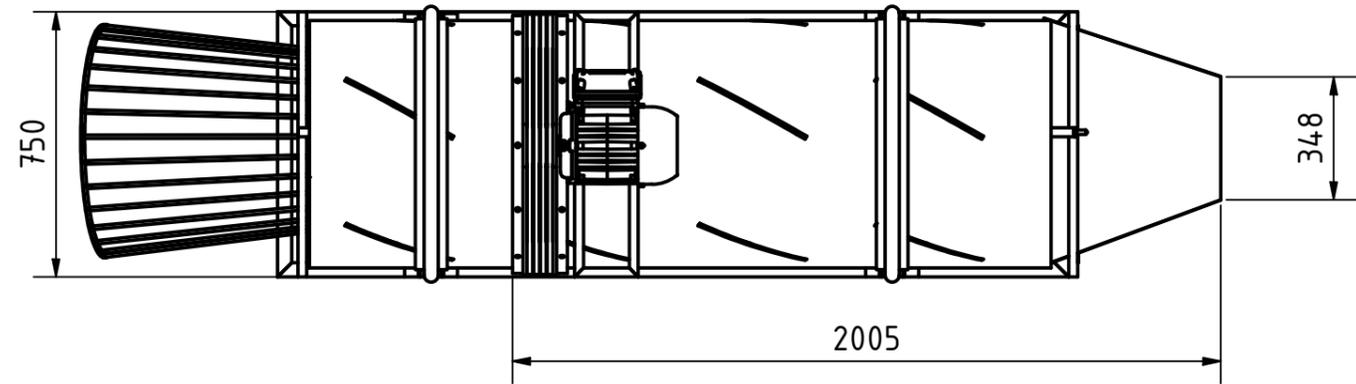
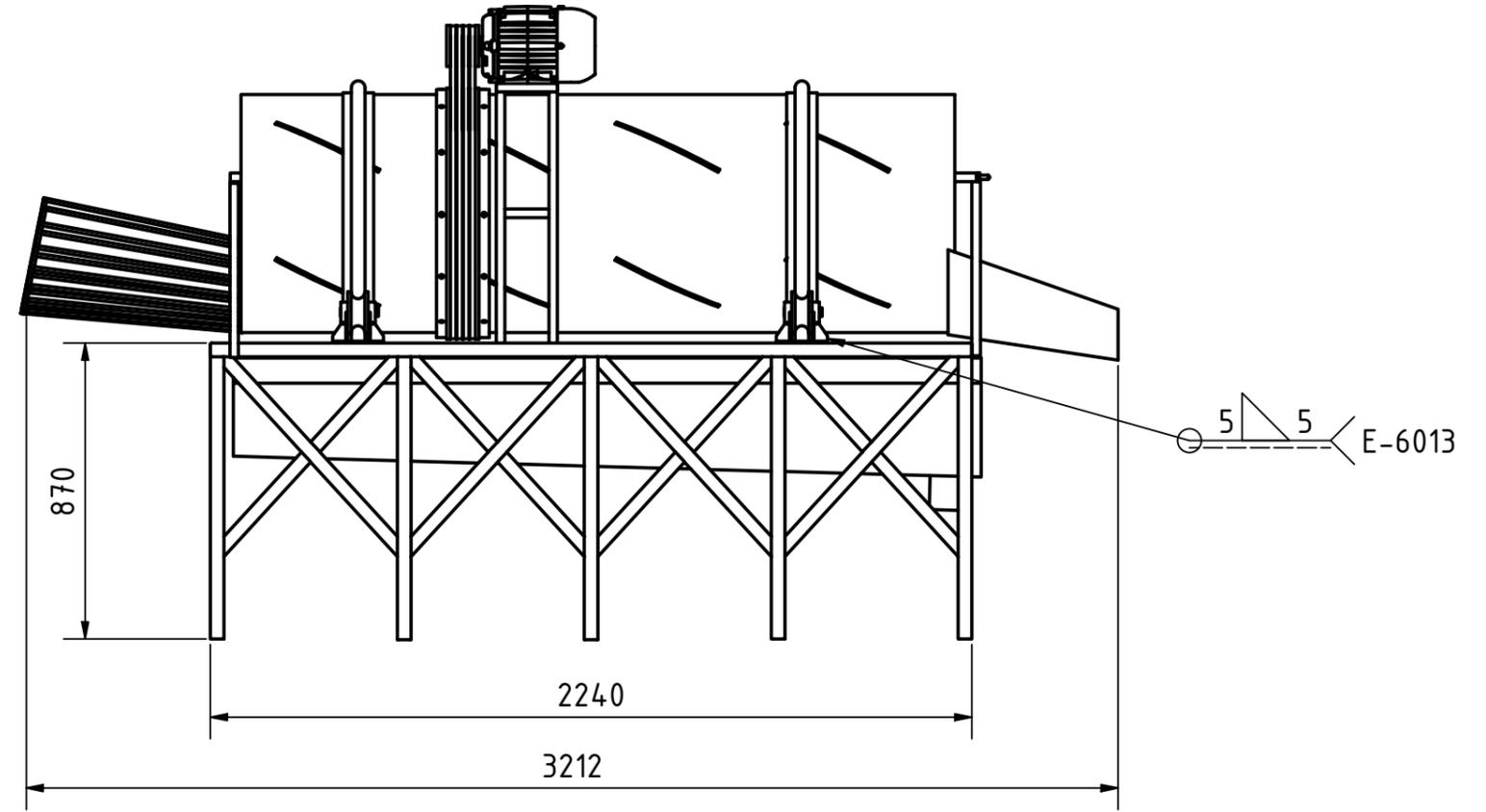
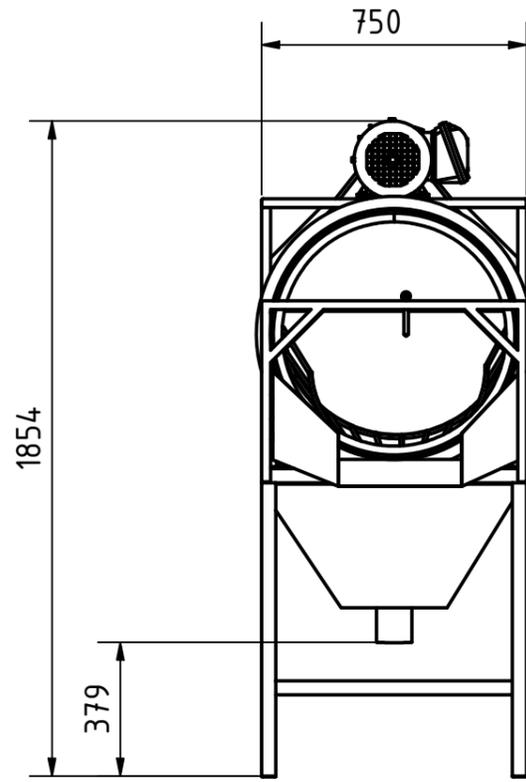
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas		FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.P.S.F.K.CH
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.			
	Apr.					
	Esc. 1 : 20	Título:		Material:		
		Vista Isométrica de la lavadora de papas		TT.		
Toler.			Rev			
Rug.						



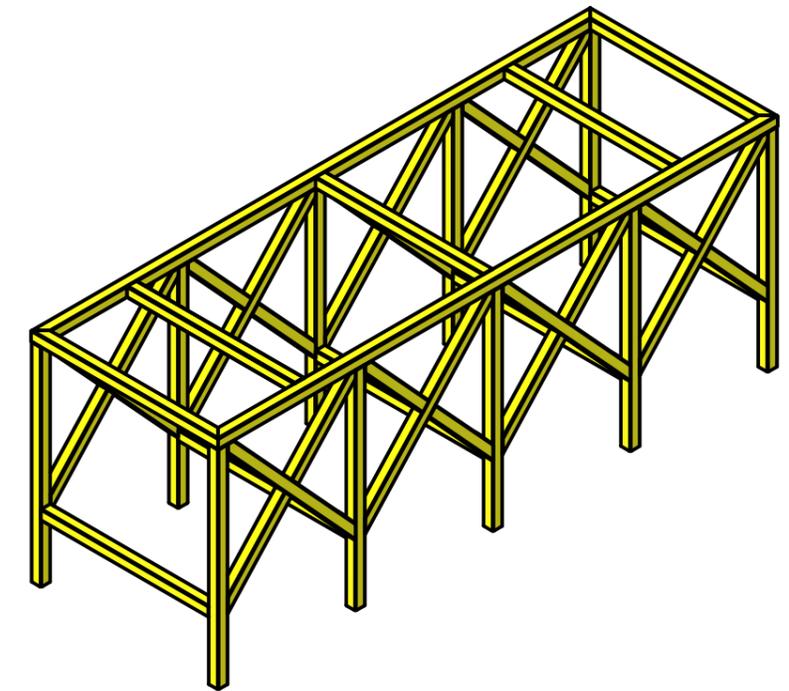
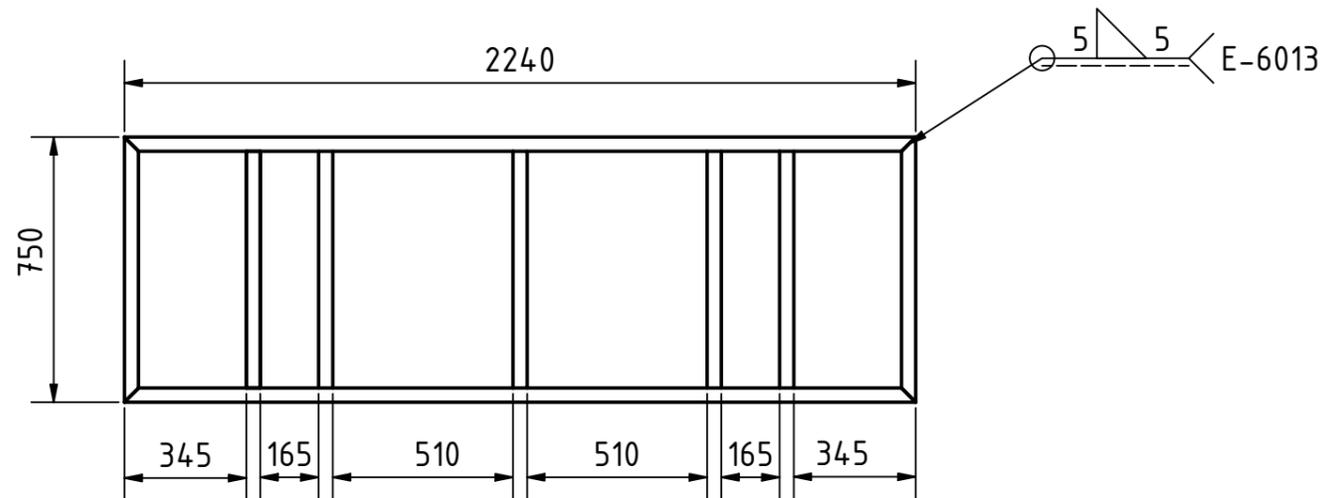
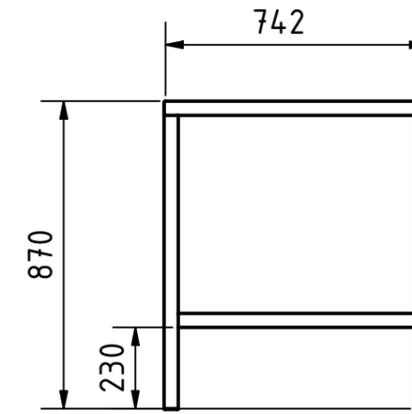
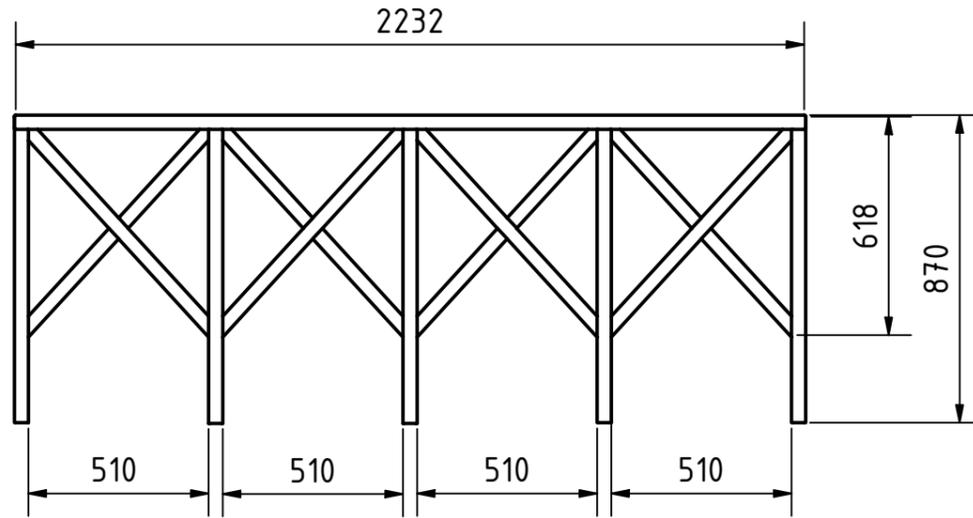
PARTS LIST

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura	
2	1	Ensamble del sistema motriz	
3	4	Ensamble de soportes	
4	1	Tolva de entrada	
5	1	Bandeja recolectora de agua	
6	1	Estructura del motor	
7	2	Soporte de los aspersores	
8	1	Sistema de aspersion	
9	1	Tolva de salida	
10	1	Entrada de agua	

Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	 
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 20	Título:		Material:	
		Partes de la máquina lavadora de papas		Varios	
Toler.				TT.	
Rug.				Rev	

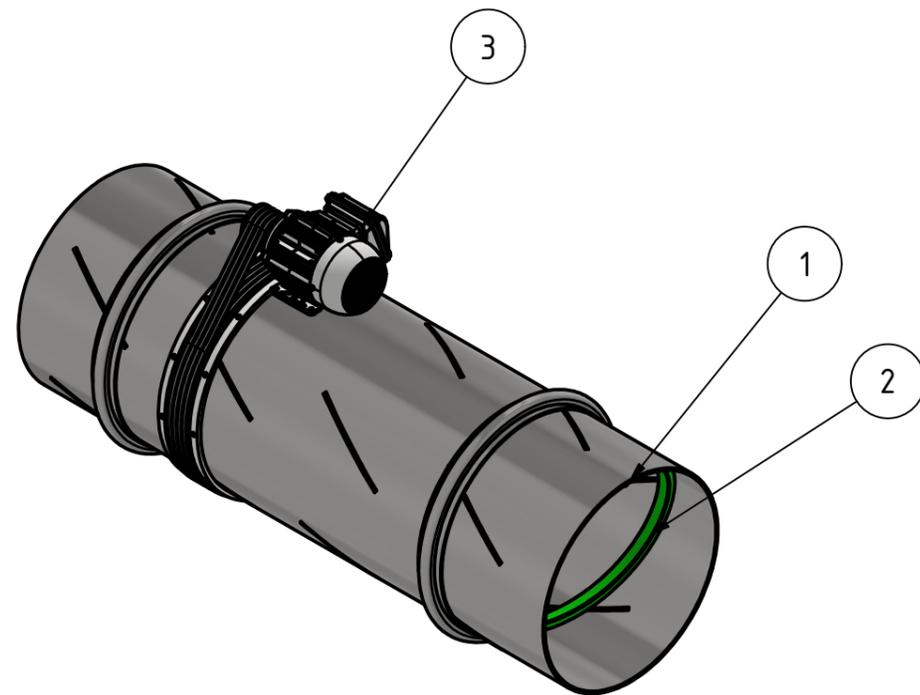
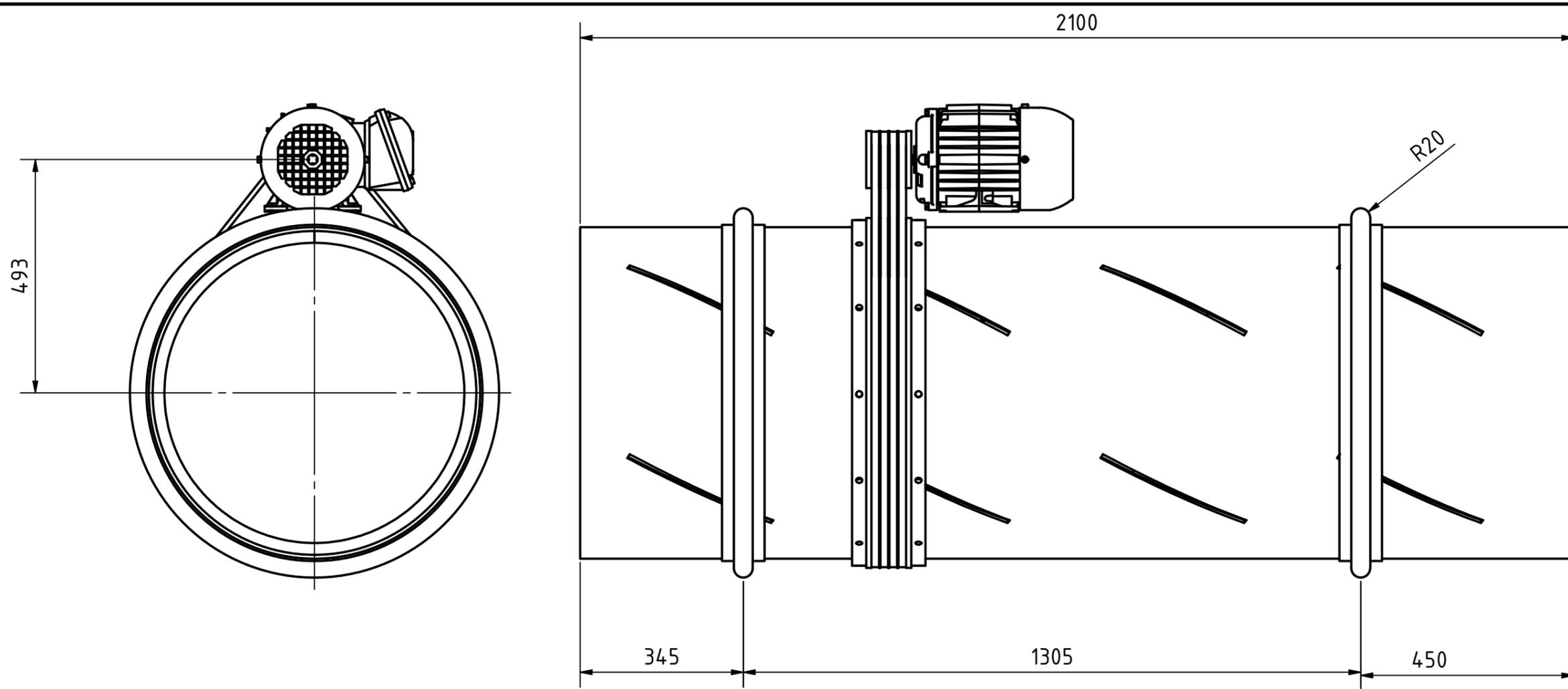


Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MEGA - ELECTRONICAS <small>M.M.P.F.N.C.H.</small>
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 20	Título:			
			Dimensiones generales de la máquina	Varios	
	Toler.			TT.	
	Rug.			Rev	



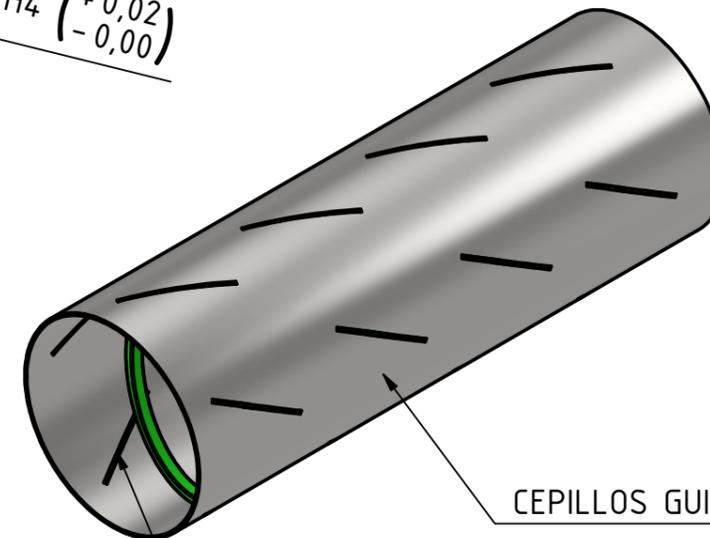
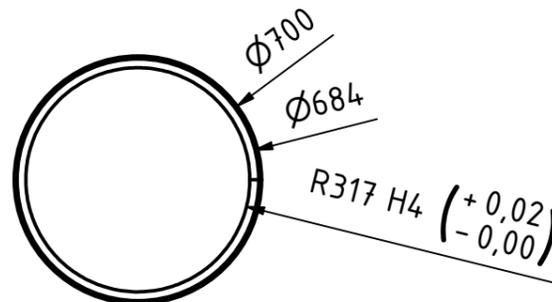
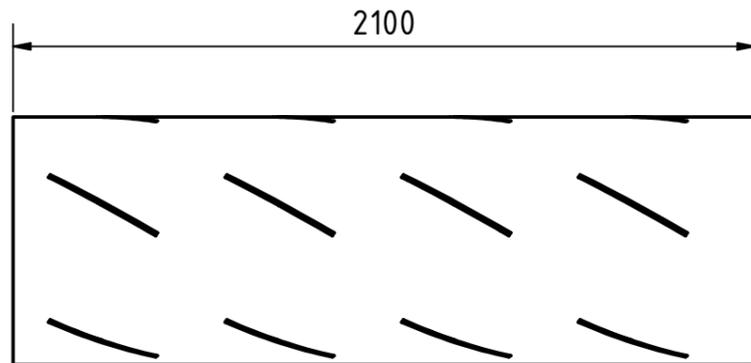
LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	CANT	ELEMENTO	DETALLES
1	33542,65 mm	ISO 10799-2 - 40x40x2 mm	Acero estructural
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.
	Apr.		
	Esc. 1 : 20	Título:	
	Toler.	Estructura	
Rug.			
			Material: ASTM A36
			TT.
			Rev



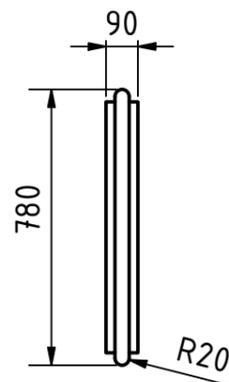
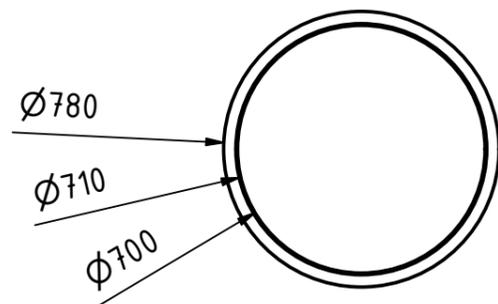


PARTS LIST			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Tambor	
2	2	Guiador	
3	1	Sistema de poleas	
Observaciones:		Fecha	Nombre
		15/05/2024	Rodriguez B.
		Máquina lavadora de papas	
Esc. 1 : 10		Título:	
		Ensamble de tambor	
Toler.		Material:	
Rug.		Acero Inoxidable	
		TT.	
		Rev	

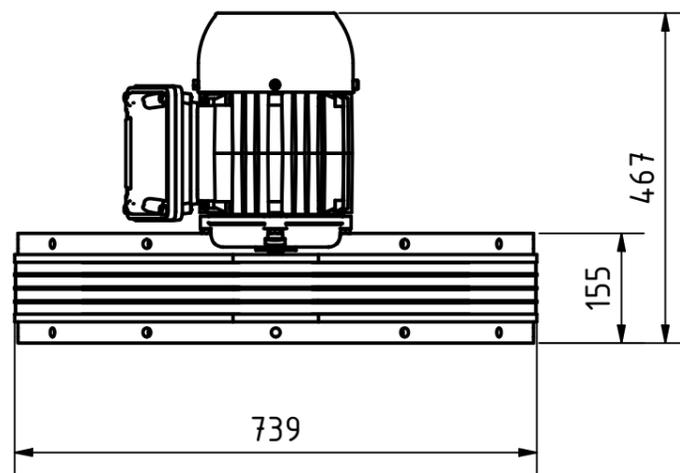
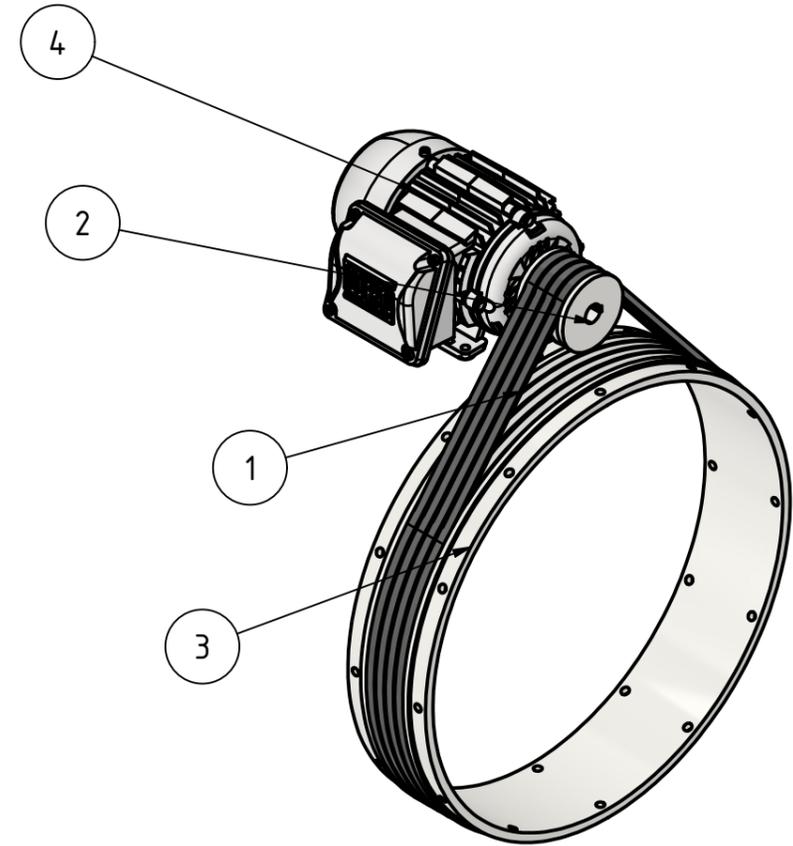
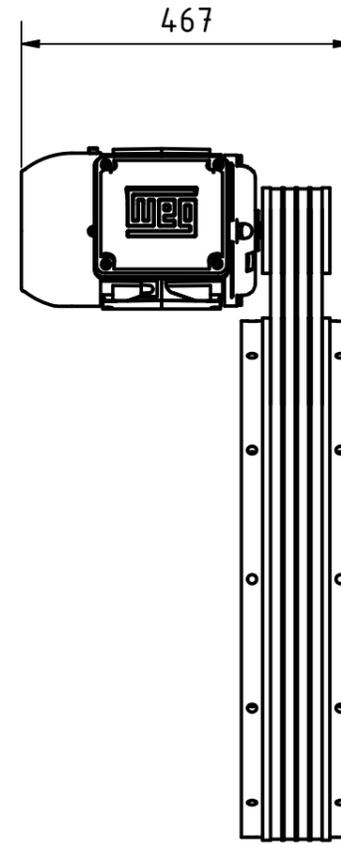
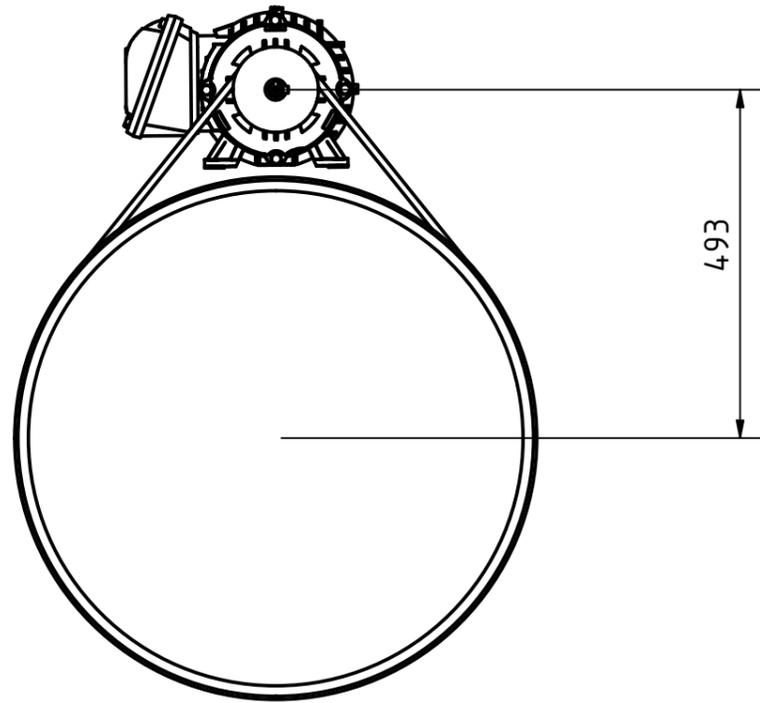
TAMBOR GIRATORIO



GUIADOR



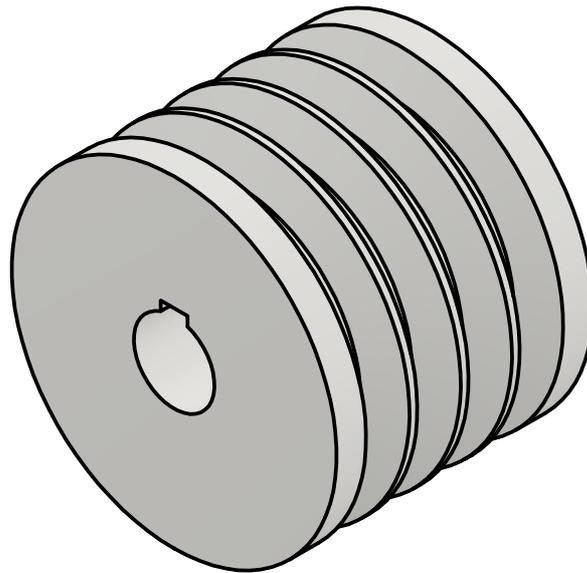
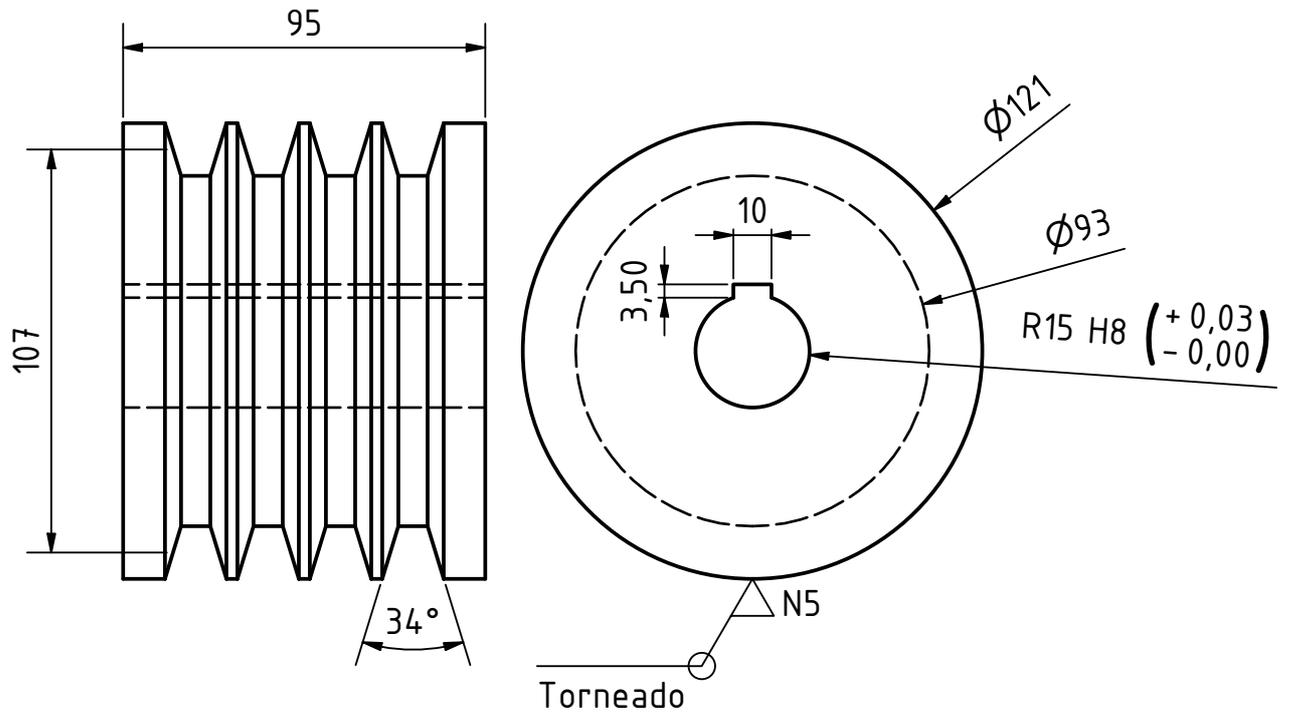
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 20	Título:			
	Tambor y guiador		Acero Inoxidable		
	Toler.		TT.		
	Rug.		Rev		



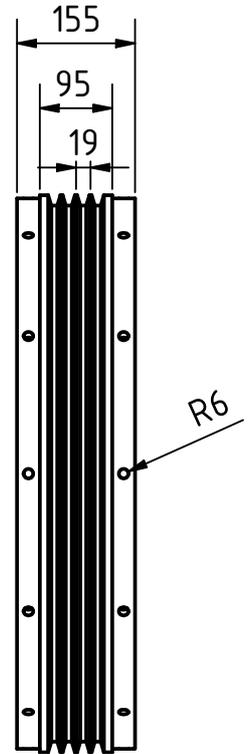
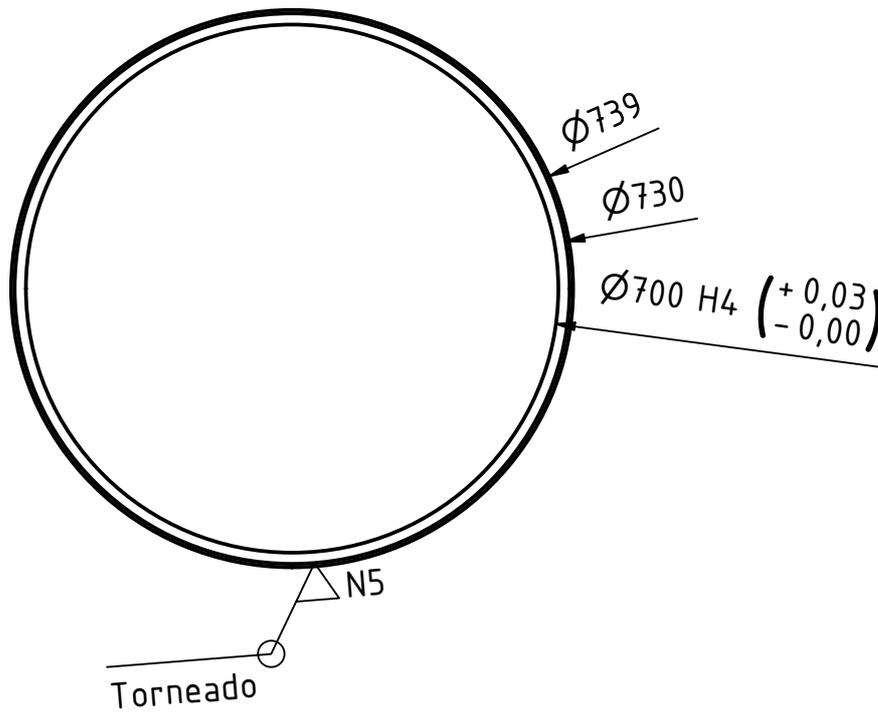
PARTS LIST			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	4	Correa trapezoidal	B83
2	1	Polea Motriz	
3	1	Polea Conducida	
4	1	motor	Motor trifasico de 5.5 Hp / 720 RPM

Observaciones:	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	
	Dib.	15/05/2024		Rodriguez B.
	Rev.			
	Apr.			
Esc. 1 : 10	Título:		Material:	
	Sistema de transmisión		Varios	
Toler.			TT.	
Rug.			Rev	

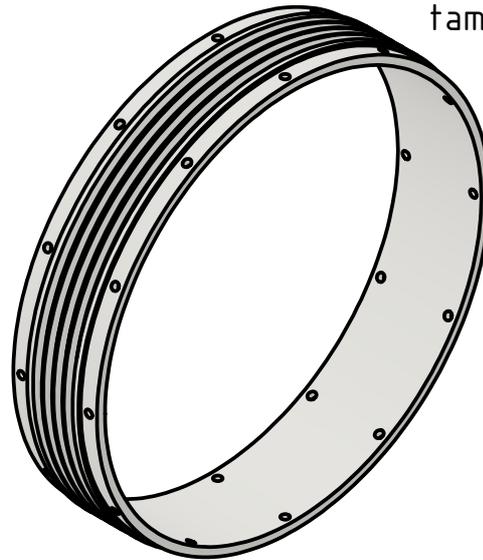




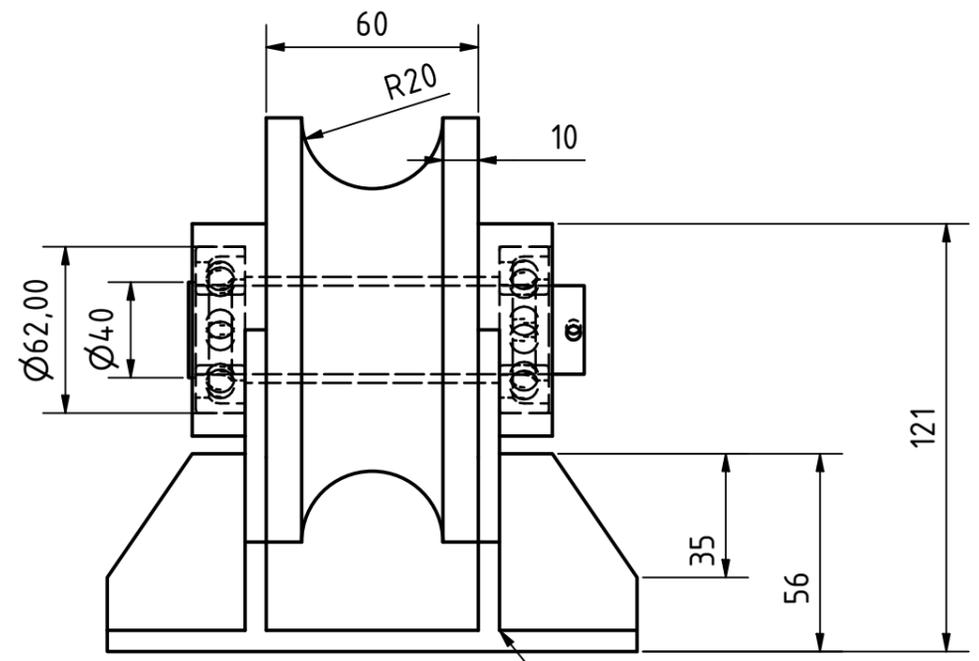
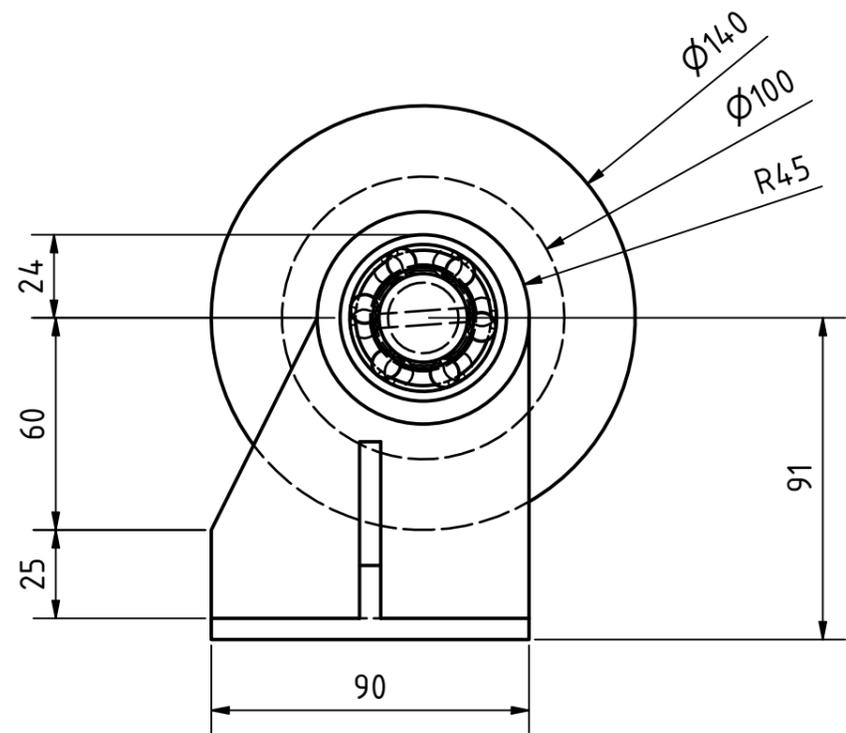
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS <small>U.M.P.S.F.K.CH</small>
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 2	Título:		Material:	
	 Toler. Rug.	Polea motriz		Aluminio 6061	
				TT.	
				Rev	



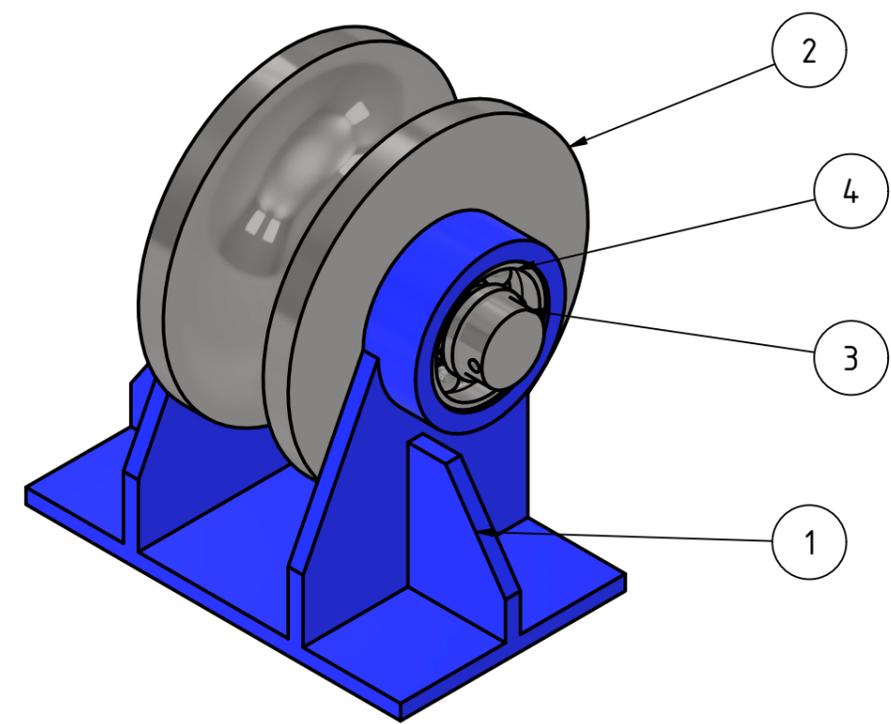
24 perforaciones de
12 mm
para anclase al
tambor



Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 10	Título:		Material:	
		Polea conducida		Aluminio 6061	
Toler.				TT.	
Rug.				Rev	

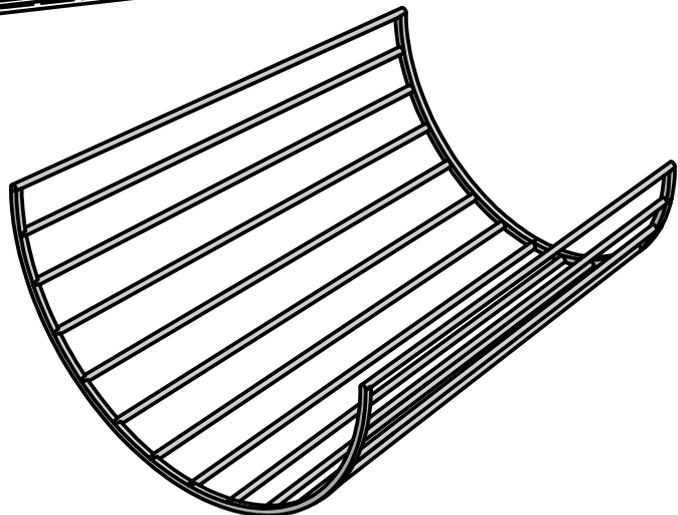
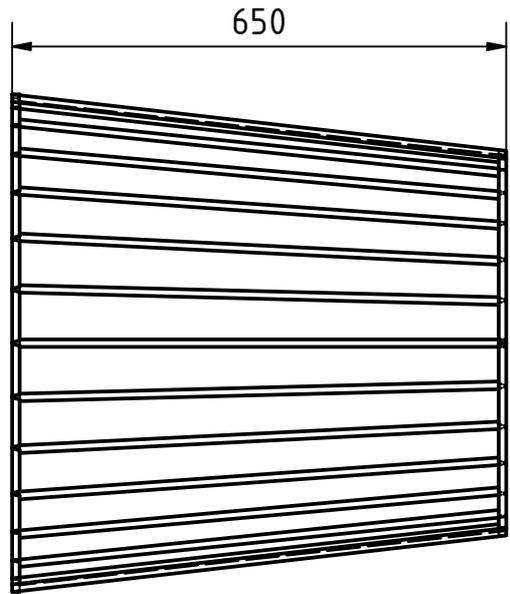
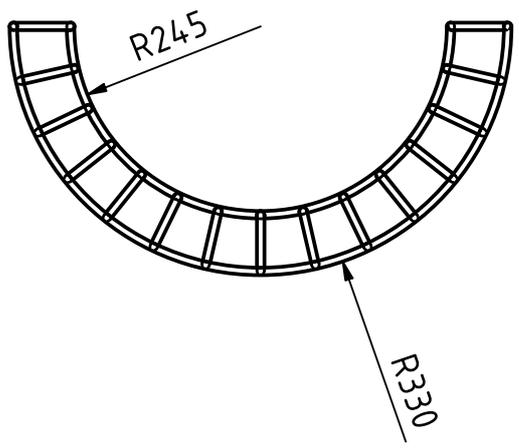
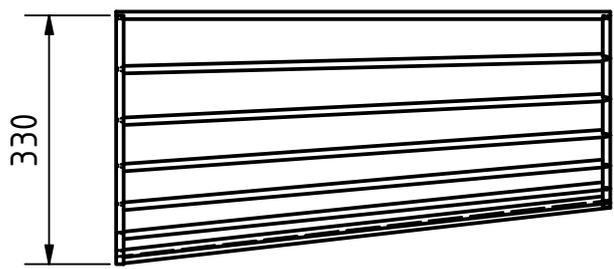


E-6013

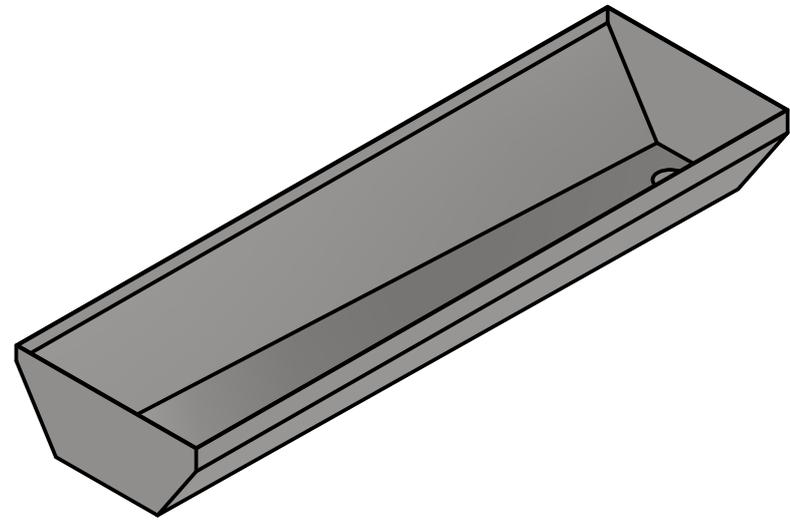
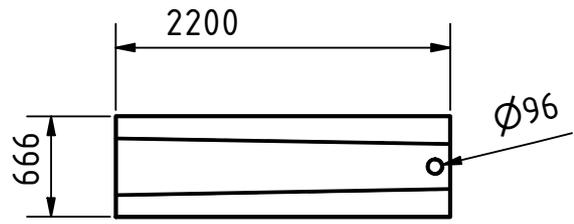
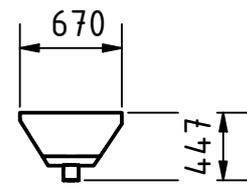
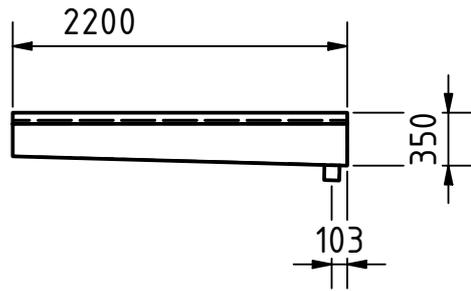


PARTS LIST			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Soporte de rueda guiadora	
2	1	Rueda	
3	1	Pasador	
4	2	SKF - 6208	Rodamiento de bolas SKF
Observaciones:		Fecha	Nombre
		15/05/2024	Rodriguez B.
		Dib.	Máquina lavadora de papas
		Rev.	
		Apr.	
		Esc. 1 : 2	Título:
			Ensamble de soporte
		Toler.	Material:
		Rug.	Varios
			TT.
			Rev

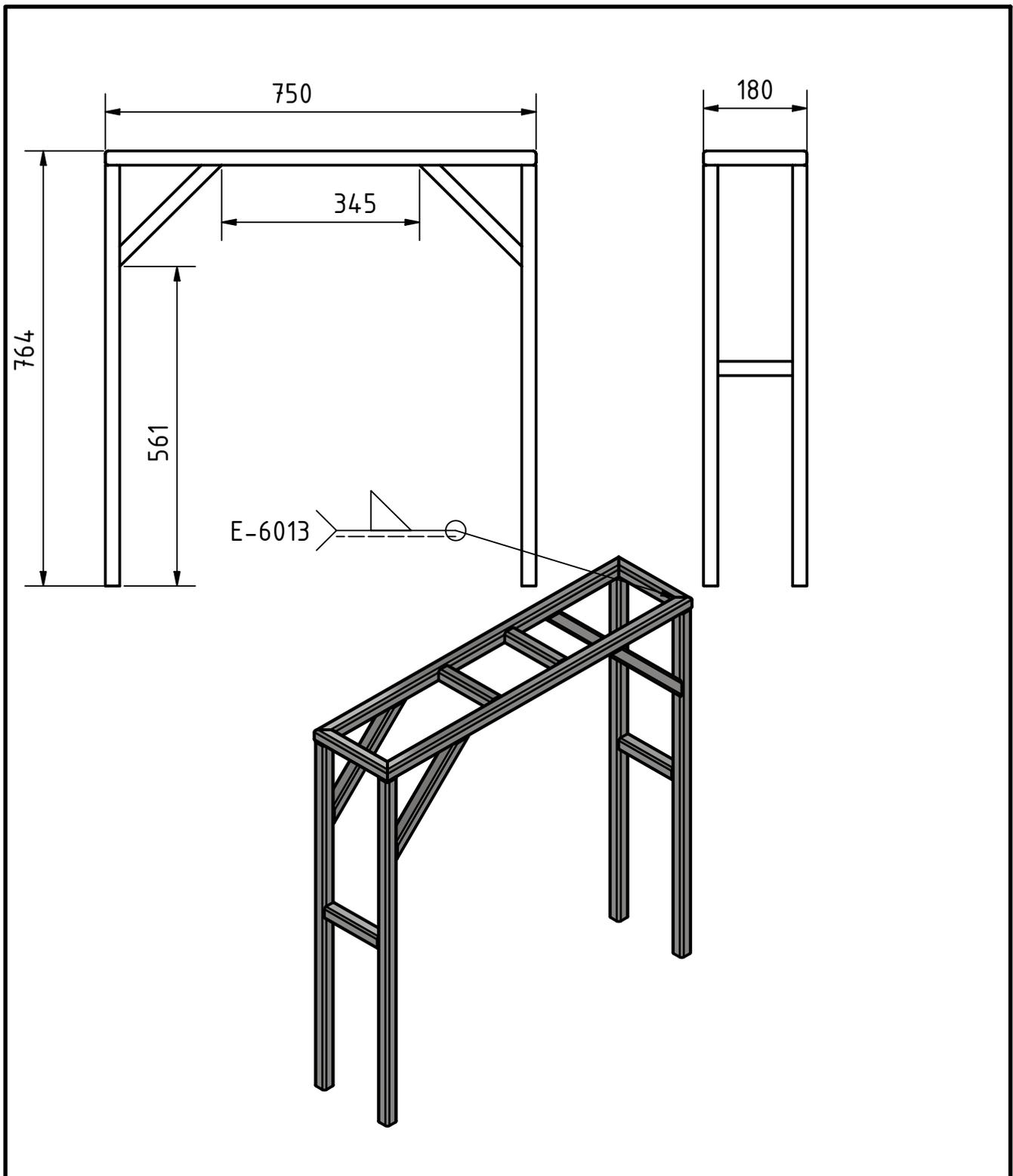




Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas		FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.P.S.F.K.CH
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.			
	Apr.					
	Esc. 1 : 10	Título:		Material:		
		Tolva o cesta de entrada		Acero Inoxidable		
Toler.	TT.			AISI 304		
Rug.			Rev			

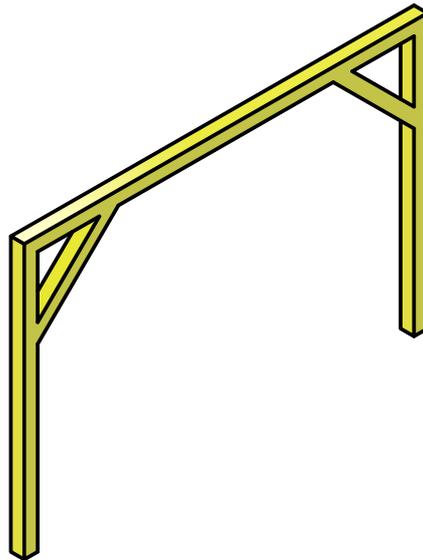
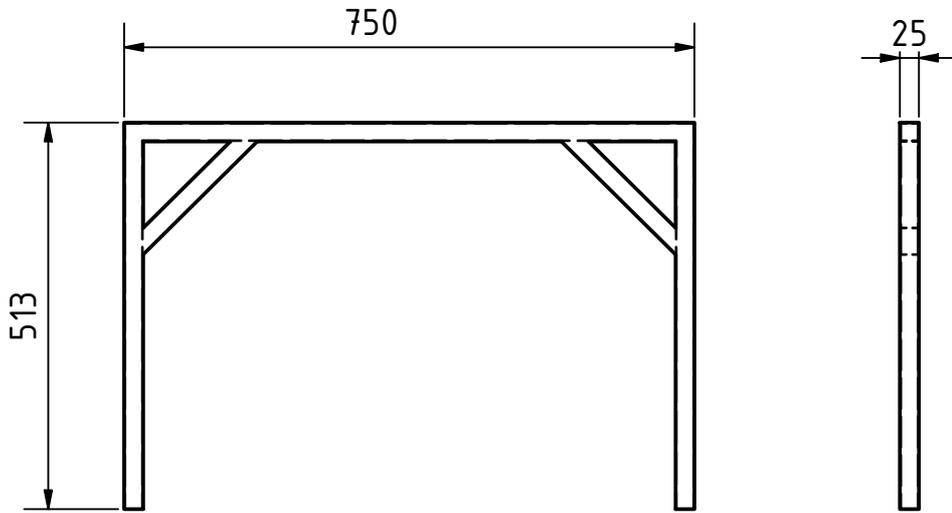


Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 50	Título:		Material:	
		Bandeja recolectora de agua		Acero Inoxidable AISI 304	
Toler.				TT.	
Rug.				Rev	



PARTS LIST

ITEM	CANT	ELEMENTO		DETALLE
1	6000 mm	ISO 10799-2 - 25x25x 2 mm		Acero estructural
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.	
	Apr.			
	Esc. 1 : 10	Título:		Material:
		Estructura del motor		ASTM A36
Toler.			TT.	
Rug.			Rev	

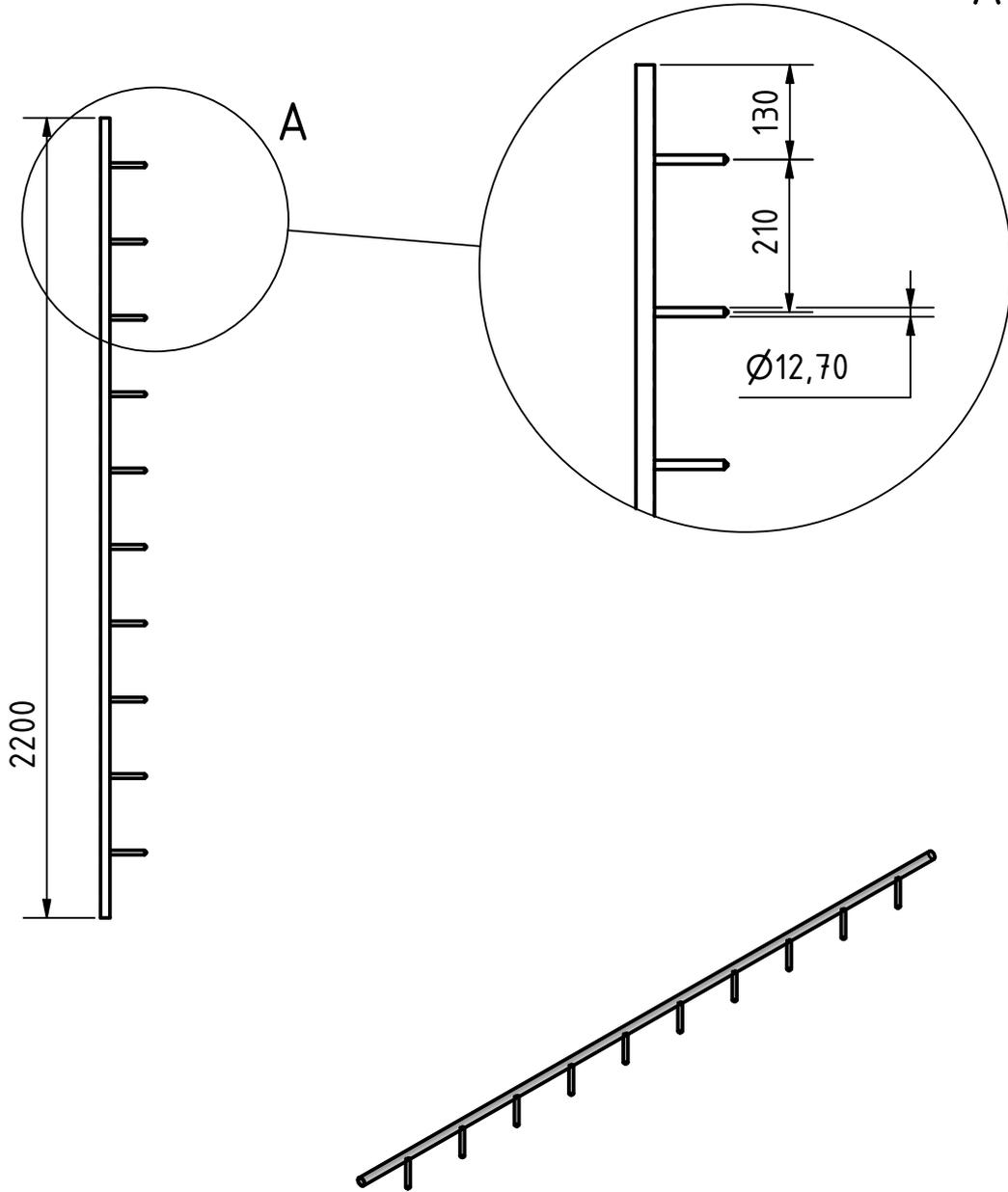


PARTS LIST

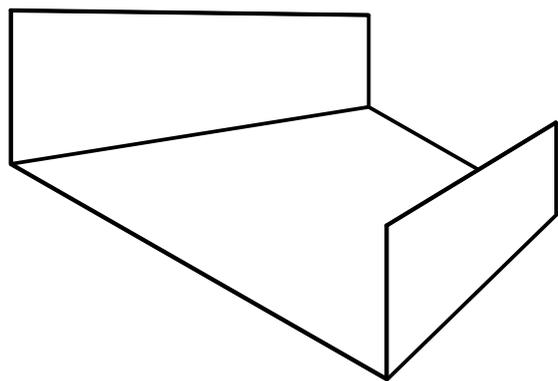
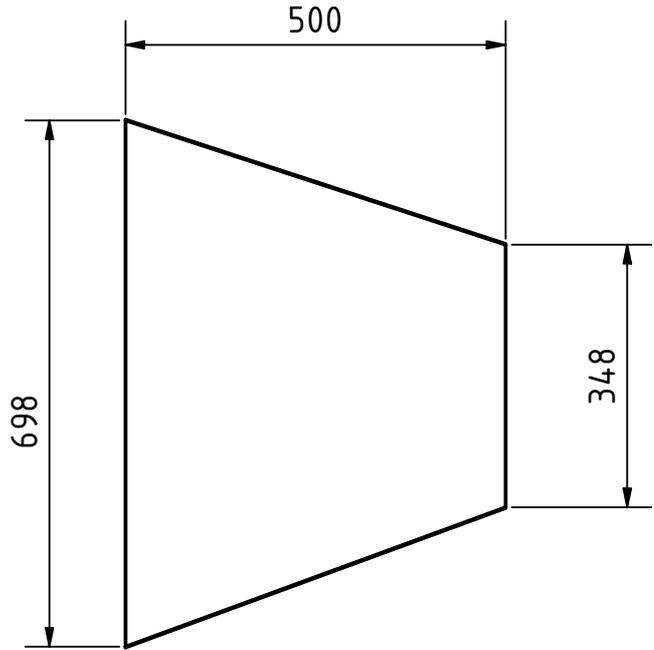
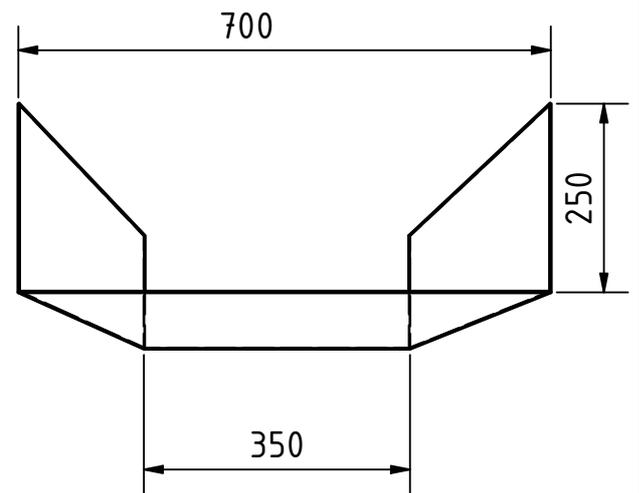
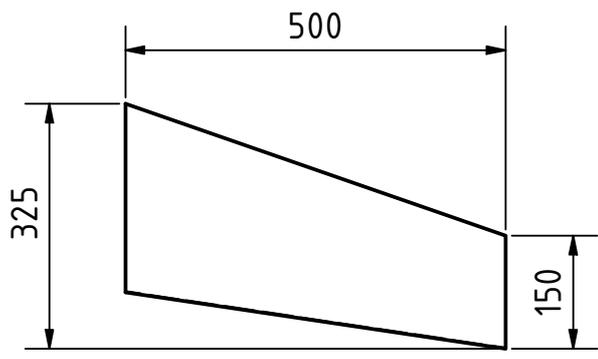
ITEM	CANT	ELEMENTO		DETALLE
1	6000 mm	ISO 10799-2 - 25x25x 2 mm		Acero estructural
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.	
	Apr.			
	Esc. 1 : 10	Título:		Material:
		Soporte de los aspersores		ASTM A36
Toler.				TT.
Rug.				Rev



A (1 : 10)



Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.P.S.F.K.CH
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 20	Título:		Material:	
	 Toler. Rug.	Aspersores		PVC	
				TT.	
				Rev	



Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Máquina lavadora de papas	
	Rev.	15/05/2024	Rodriguez B.		
	Apr.				
	Esc. 1 : 10	Título:		Material:	
		Tolva de salida		Acero Inoxidable	
Toler.				TT.	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.P.S.F.K.GH
Rug.				Rev	

ANEXO C. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

COSTOS DE FABRICACIÓN						
MATERIALES DE FABRICACION						
Nº	ITEM	CARACTERISTICAS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
1	ESTRUCTURA	TUBO CUADRADO 40X40X2	BARRA	125	6	750
		ELECTRODO	Kg	50	5	250
		PINTURA	L	35	1	35
2	SISTEMA DE TRANSMISION	AROS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	PZA	500	3	1500
3	ESTRUCTURA PARA EL MOTOR	TUBO CUADRADO 25X25X2	BARRA	85	1	85
4	SOPORTE PARA EL ASPERSOR	TUBO CUADRADO 20X20X2	BARRA	65	1	65
5	TOLVA DE ALIMENTACION	FIERRO LISO 1/2"	BARRA	75	1	75
6	TOLVA DE SALIDA	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 2 mm	UNIDAD	1800	0,3	540
7	BANDEJA COLECTORA	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 2 mm	UNIDAD	1800	1,5	2700
8	TAMBOR GIRATORIO	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 6 mm	UNIDAD	2500	1,5	3750
9	SOPORTE PARA EL TAMBOR	PLANCHA 6 mm	UNIDAD	680	0.35	238
10	GUIADOR	FIERRO LISO 1"	BARRA	750	0.7	525
COMPONENTES						
1	MOTOR ELECTRICO	5,5 HP	UNIDAD	2500	1	2500
2	POLEA MOTRIZ	ALUMINIO FUNDIDO	PZA	250	1	250
3	POLEA CONDUCCIDA	ALUMINIO FUNDIDO	PZA	1200	1	1200
4	CORREA	B83	PZA	50	4	200
5	TORNILLOS	M12X50	UNIDAD	12	24	288
6	RODAMIENTOS	SKF 6208	UNIDAD	8	115	920
7	PASADOR	M 40	UNIDAD	4	15	60
8	BOMBA	MARCA PEDROLLO 4148	UNIDAD	800	1	800
MANO DE OBRA						
1	TECNICO DE TRAZADO Y CORTE		JORNAL	150	35	5250
2	TECNICO ARMADOR		JORNAL	140	30	4200
3	AYUDANTE		JORNAL	100	35	3500
TOTAL, PRECIO DE CONSTRUCCION (Bs)						29.681,00

Fuente: elaboración propia

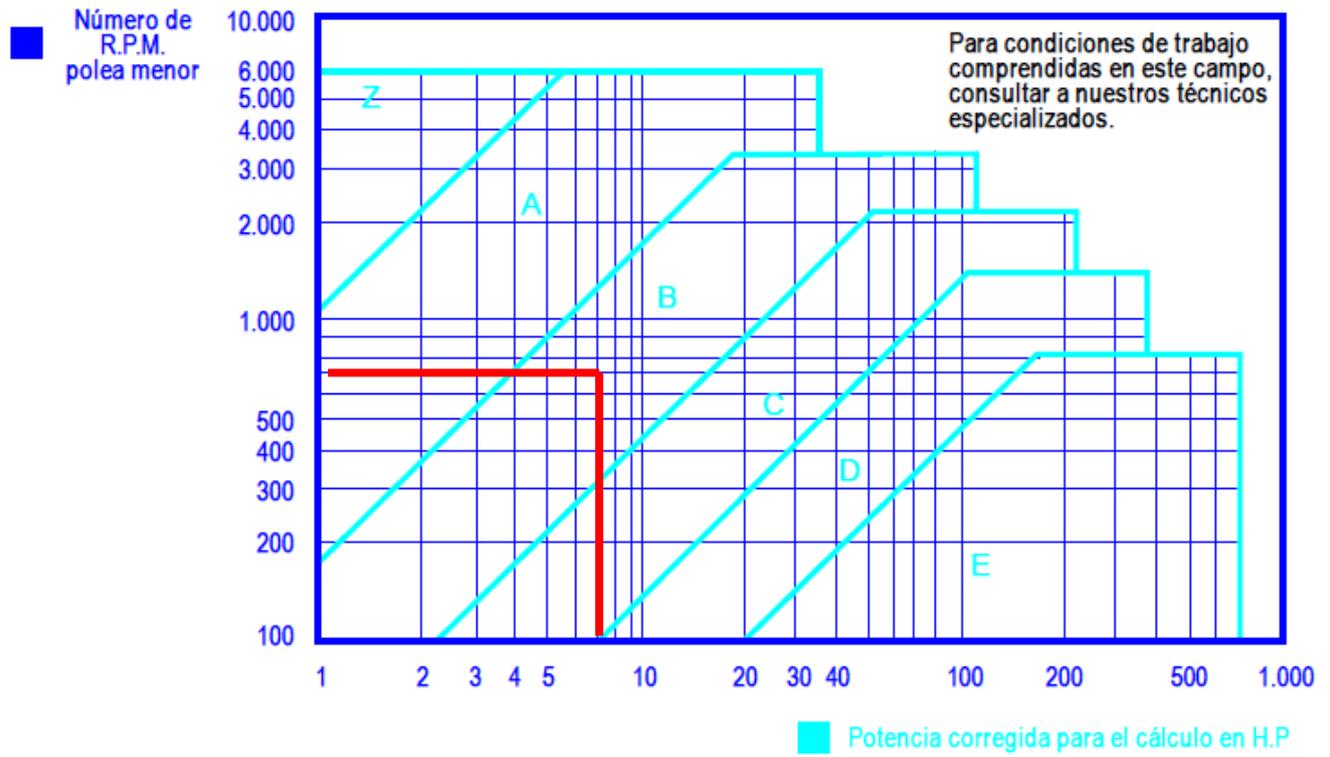
ANEXO C

C1. Selección del motor

W22 - IE1 Standard Efficiency - 50 Hz

Potencia		Carcasa	Full Load Torque (kgfm)	Corriente con rotor trabado IV In	Par con rotor trabado TV/Tn	Break-down Torque Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	400 V						Corriente nominal In (A)	
								Callente	Frio			% de la potencia nominal			RPM	Factor de potencia			
												Rendimiento				50	75		100
kW	HP																		
VIII Poles																			
0,12	0,16	71	0,177	2,2	2,1	2,0	0,0008	84	185	10,7	41	660	37,8	38,5	39,0	0,37	0,45	0,53	0,838
0,18	0,25	80	0,252	2,8	2,2	2,4	0,0020	29	64	12,6	42	695	36,2	44,1	45,5	0,45	0,53	0,62	0,921
0,25	0,33	80	0,355	3,8	2,1	2,2	0,0027	27	59	13,0	42	685	46,0	50,0	50,5	0,45	0,56	0,66	1,08
0,37	0,5	90S	0,526	3,0	1,9	1,8	0,0038	32	70	15,4	43	685	50,6	55,0	55,8	0,44	0,55	0,64	1,50
0,55	0,75	90L	0,794	3,3	1,9	2	0,0058	25	55	16,5	43	675	58,0	60,0	60,0	0,43	0,56	0,66	2,00
0,75	1	100L	1,04	3,5	1,8	2,4	0,0077	33	73	23,8	50	705	63,5	64,0	64,5	0,42	0,53	0,62	2,71
1,1	1,5	100L	1,53	4,0	1,7	2,3	0,0116	27	59	28,5	50	700	65,0	65,5	70,0	0,45	0,57	0,66	3,44
1,5	2	112M	2,09	4,2	2,2	2,2	0,0174	26	57	33,4	46	700	73,7	75,4	73,5	0,48	0,61	0,70	4,21
2,2	3	132S	3,02	6,1	2,5	2,8	0,0592	22	48	55,3	48	710	75,8	78,0	77,1	0,55	0,68	0,77	5,35
3	4	132M	4,14	6,1	2,2	2,6	0,0715	18	40	65,0	48	705	78,5	80,1	79,0	0,55	0,68	0,76	7,21
4	5,5	160M	5,41	4,7	2	2,1	0,0878	17	37	101	51	720	79,5	82,0	81,5	0,52	0,65	0,72	9,84
5,5	7,5	160M	7,44	4,7	2	2,1	0,1141	16	35	110	51	720	82,0	83,2	83,0	0,52	0,65	0,73	13,1
7,5	10	160L	10,1	4,9	2,2	2,2	0,1492	16	35	130	51	720	84,0	85,5	85,0	0,52	0,65	0,73	17,4
9,2	12,5	180M	12,4	6,3	2	2,4	0,2037	10	22	156	51	725	86,0	86,5	86,0	0,64	0,76	0,82	18,8
11	15	180L	14,8	6,4	2,1	2,4	0,2444	10	22	175	51	725	85,0	85,8	86,0	0,67	0,78	0,84	22,0
15	20	200L	20,2	4,6	1,9	2	0,3341	22	48	205	53	725	86,5	87,0	87,5	0,58	0,70	0,76	32,6
18,5	25	225S/M	24,5	6,4	1,8	2,4	0,6183	18	40	339	56	735	87,4	87,9	88,4	0,66	0,77	0,82	36,8
22	30	225S/M	29,2	6,4	1,8	2,4	0,7214	16	35	358	56	735	87,9	88,4	88,9	0,69	0,79	0,83	43,0
30	40	250S/M	39,8	6,9	1,9	2,4	1,06	13	29	433	56	735	88,7	89,2	89,7	0,67	0,78	0,83	58,2
37	50	280S/M	48,7	5,0	1,6	2	1,81	26	57	575	59	740	89,1	89,6	90,1	0,64	0,75	0,79	75,0
45	60	280S/M	59,2	5,4	1,7	2	2,26	21	46	617	59	740	89,5	90,0	90,5	0,64	0,75	0,79	90,8
55	75	315S/M	72,4	5,3	1,6	2	3,66	30	66	745	62	740	89,8	90,3	90,8	0,65	0,76	0,80	109
75	100	315S/M	98,7	5,3	1,6	2	4,76	30	66	913	62	740	90,0	90,5	91,0	0,66	0,76	0,80	149
90	125	315S/M	118	5,8	1,8	2,1	5,67	26	57	982	62	740	90,7	91,2	91,7	0,66	0,76	0,80	177
110	150	315L	145	5,8	1,8	2,1	6,93	24	53	1180	68	740	91,1	91,6	92,1	0,64	0,75	0,80	215
132	180	315L	174	6,2	2	2,2	8,75	23	51	1290	68	740	94,0	94,5	94,6	0,63	0,74	0,79	255
150	200	355M/L	196	7,0	1,5	2	13,8	35	77	1571	70	745	91,8	92,0	92,5	0,64	0,75	0,80	293
160	220	355M/L	209	6,2	1,4	2,2	13,8	48	106	1571	70	745	91,8	92,3	92,8	0,62	0,74	0,79	315
185	250	355M/L	242	6,0	1,4	2,1	15,9	46	101	1653	70	745	92,3	92,8	93,3	0,64	0,75	0,80	358
200	270	355M/L	261	6,2	1,5	2,2	18,4	44	97	1725	70	745	92,3	92,8	93,3	0,63	0,74	0,79	392
220	300	355M/L	288	6,3	1,4	2,1	19,9	42	92	1839	70	745	92,3	92,8	93,3	0,64	0,75	0,80	425
High-output design																			
2,2	3	132M	3,02	6,1	2,5	2,8	0,0592	22	48	55,3	48	710	75,8	78,0	77,1	0,55	0,68	0,77	5,35
5,5	7,5	160L	7,44	4,7	2	2,1	0,1141	16	35	110	51	720	82,0	83,2	83,0	0,52	0,65	0,73	13,1
7,5	10	160M	10,1	4,9	2,2	2,2	0,1492	16	35	130	51	720	84,0	85,5	85,0	0,52	0,65	0,73	17,4
37	50	250S/M	49,4	6,9	1,9	2,7	1,33	12	26	475	56	730	89,1	89,6	90,1	0,67	0,78	0,83	71,4
55	75	280S/M	72,4	5,4	1,7	2	2,82	20	44	826	59	740	89,8	90,3	90,8	0,64	0,75	0,79	111
110	150	315S/M	145	5,8	1,8	2,1	6,93	24	53	1180	62	740	91,1	91,6	92,1	0,64	0,75	0,80	215
110	150	355M/L	144	5,6	1,1	2	9,48	50	110	1343	70	745	94,0	94,5	94,6	0,62	0,73	0,79	212
132	180	355M/L	173	6,0	1,2	2,1	11,3	48	106	1448	70	745	91,4	91,9	92,4	0,62	0,74	0,79	261
160	220	315L	211	6,4	2,2	2,2	10,0	20	44	1350	68	740	91,6	92,3	92,6	0,63	0,74	0,79	316
185	250	315L²	244	7,0	2,4	2,4	11,3	12	26	1520	68	740	92,0	92,5	93,0	0,62	0,72	0,78	368

C2. Selección del tipo de correa



Tipo de correa seleccionada: B83

C3. Selección de los diámetros de poleas

Tabla N° 1						
∅ mm	Z	A	B	C	D	E
50						
53						
56						
60	●					
63	●●					
67	●					
71	●●	●				
75	●	●				
80	●●	●				
90	●	●●				
95		●				
100	●●	●●				
106		●				
112	●	●●	●			
118		●	●			
125	●●	●●	●			
132		●	●			
140	●	●●	●●			
150	●	●	●			
160	●●	●●	●●			
170			●			
180	●	●●	●●	●		
200	●●	●●	●●	●●		
212				●		
224	●	●	●	●●		
236				●		
250	●	●●	●●	●●		
265				●		
280		●	●	●●		
300		●	●	●		

Tabla N° 1						
∅ mm	Z	A	B	C	D	E
315		●●	●●	●●		
355		●	●	●	●●	
375			●	●	●	
400		●●	●●	●●	●●	
425					●	
450		●	●	●	●●	
475					●	
500		●●	●●	●●	●●	●●
530						●
560		●	●	●	●	●●
600			●	●	●	●
630		●●	●●	●●	●●	●●
670						●
710		●	●	●	●	●●
750			●●	●●	●●	
800			●●	●●	●●	●●
900			●	●	●	●
1000			●●	●●	●●	●●
1060					●	
1120				●		●
1250				●●	●●	●●
1400				●	●	●
1500					●	●
1600				●●	●●	●●
1800					●	●
1900						●
2000					●●	●●
2240						●
2500						●●
3000						

Según normas BS 3790

● Diámetro especificado.

●● Diámetro especialmente recomendado.

IMPORTANTE: Al aumentar el diámetro de p Polea aumenta la vida útil de la correa.

C4. Selección de longitud de correa

Tabla N° 6		Longitud primitiva nominal				
Correa (n)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1088	1075	1088	-	-	-
42	1092	1108	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1158	1191	-	-
45	1188	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1287	-	-
48	1244	1262	1288	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1348	1354	1387	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1480	-	-
58	1447	1459	1480	1497	-	-
57	1473	1492	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1558	1556	1598	-	-
61	-	1584	1801	1823	-	-
62	-	1805	1828	1848	-	-
63	-	1833	1841	1874	-	-
64	-	1858	1874	1899	-	-
65	-	1883	1895	1925	-	-
68	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-
71	-	1841	1848	1877	-	-
72	-	1882	1878	1897	-	-
73	-	1887	1900	1928	-	-
74	-	1913	1924	1953	-	-
75	-	1937	1947	1979	-	-
78	-	1983	1973	1989	-	-
77	-	1989	1999	2015	-	-
78	-	2013	2024	2042	-	-
79	-	2033	2043	2088	-	-
80	-	2085	2075	2094	-	-
81	-	2093	2103	2119	-	-
82	-	2116	2126	2145	-	-
83	-	2137	2151	2170	-	-
84	-	2187	2177	2198	-	-
85	-	2193	2203	2221	-	-
88	-	2220	2230	2247	-	-
87	-	2245	2258	2273	-	-
88	-	2273	2283	2299	2313	-
89	-	2299	2304	2328	2339	-
90	-	2319	2329	2348	2366	-
91	-	2344	2355	2374	2392	-
92	-	2370	2380	2400	2418	-
93	-	2393	2403	2422	2445	-
94	-	2421	2431	2448	2471	-
95	-	2446	2456	2475	2497	-
98	-	2471	2481	2500	2523	-
97	-	2497	2508	2524	2550	-
98	-	2533	2543	2562	2578	-
99	-	2554	2558	2587	2602	-
100	-	2573	2583	2602	2629	-
101	-	2599	2609	2622	2655	-
102	-	2624	2643	2653	2681	-
103	-	2650	2659	2679	2707	-
104	-	2683	2693	2704	2728	-
105	-	2700	2710	2729	2752	-
108	-	2728	2743	2754	2778	-
107	-	2758	2761	2780	2805	-
108	-	2776	2793	2812	2831	-
109	-	2802	2819	2838	2857	-
110	-	2833	2843	2862	2878	-

C5. Factor de corrección por arco de contacto

$$\alpha = 180^\circ - 57 * \frac{630}{112} = 106,185^\circ$$

Tabla Nº 5		Factor de corrección	
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana	
180°	1.00	0.75	
175°	0.99	0.76	
170°	0.98	0.77	
167°	0.97	0.78	
164°	0.96	0.79	
160°	0.95	0.80	
157°	0.94	0.81	
154°	0.93	0.81	
150°	0.92	0.82	
147°	0.91	0.83	
144°	0.90	0.83	
140°	0.89	0.84	
137°	0.88	0.85	
134°	0.87	0.85	
130°	0.86	0.86	
127°	0.85	0.85	
124°	0.84	0.84	
120°	0.82	0.82	
118°	0.81	0.81	
115°	0.80	0.80	
113°	0.79	0.79	
110°	0.78	0.78	
108°	0.77	0.77	
106°	0.77	0.77	
104°	0.76	0.76	
102°	0.75	0.75	
100°	0.74	0.74	
98°	0.73	0.73	
96°	0.72	0.72	
94°	0.71	0.71	
92°	0.70	0.70	
90°	0.69	0.69	

C6. Características técnicas de los aspersores

Serie 5 MPR				SIST. MÉTRICO		
<i>Trayectoria de 5°</i>						
Boquilla	Presión bares	Radio m	Caudal m ³ /h	Caudal l/m	■ Precip mm/h	▲ Precip mm/h
	1.0	1.1	0.06	1.1	79	91
	1.5	1.3	0.08	1.4	51	58
	2.0	1.5	0.09	1.6	57	65
	2.1	1.5	0.09	1.6	40	46
	1.0	1.1	0.03	0.5	76	88
	1.5	1.3	0.04	0.7	49	56
	2.0	1.5	0.04	0.7	55	64
	2.1	1.5	0.05	0.9	39	45
	1.0	1.1	0.02	0.4	76	88
	1.5	1.3	0.02	0.4	49	56
	2.0	1.5	0.02	0.4	55	64
	2.1	1.5	0.02	0.4	39	45

Fuente: Catálogo de aspersores marca RAIN BIRD

Presión	Presión hidráulica mínima	Presión Hidráulica Máxima
Baja	.2 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²
Media	1.0 kg/cm ²	3.0 kg/cm ²
Alta	3.0 kg/cm ²	6.0 kg/cm ²

1 bar= 1.0197 kg/cm²

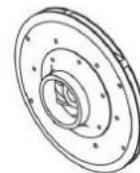
C7. Bomba centrífuga

BOMBAS DE AGUA PEDROLLO 2CP (IVA 0%)

2 ETAPAS



2CP



Impulsor en Bronce

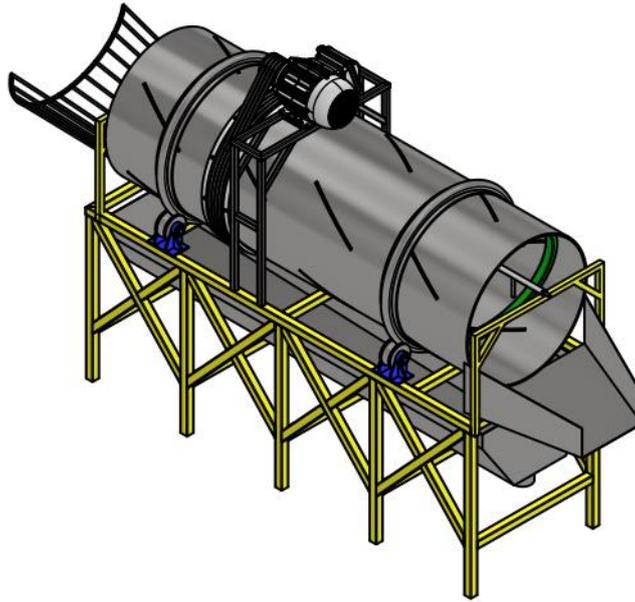
CODIGO	DESCRIPCIÓN – POTENCIA – SUCCIÓN DESCARGA	CAUDAL lpm.	ALTURA m.	PVP
4148	BOMBA CENTRIFUGA 2CPm25/16B_2HP 220 1.25X1	20 140	56 A 30	605,31
5071	BOMBA CENTRIFUGA 2CPm25/16A 3HP 220 1.5X1	20 A 160	67 A 32	674,24
4147	BOMBA CENTRIFUGA 2CP25/16A_3HP 220/440V TRIFASICA	20 A 160	67 A 32	643,46
3786	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/200C_4HP 220/440V TRIFASICA	40 A 250	66 A 36	1065,11
3785	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/200B_5.5H 220/440V TRIFASICA	40 A 250	81 A 49	1148,71
3791	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180C_5.5HP 220/440 TRIFASICA	100 A 350	62 A 35	1232,22
3788	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/210B_7.5HP 220/440 TRIFASICA	40 A 250	94 A 56	1338,27
3790	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180B_7.5HP 220/440 TRIFASICA	100 A 400	73 A 46	1338,85
3787	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/210A_10 H220/440V TRIFASICA	40 A 250	111 A 74	1439,31
3789	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180A_10HP 220/440 TRIFASICA	100 A 400	85 A 60	1430,85
3792	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/200A_15HP 220/440 TRIFASICA	100 A 450	102 A 69	2257,84

C8. Características recomendadas para las lavadoras de papa.

Modelo	Capacidad	Poder	Velocidad	Dimensión
MRC-GMJ2	1-2t/h	1.1kw	4 ~ 20r / min	3000 × 1000 × 1800 mm
MRC-GMJ5	3-5t/h	1,5 kW	4 ~ 20r / min	4400 × 1300 × 2150 mm
MRC-GMJ10	5-10t/h	5.5kw	4 ~ 20r / min	4500 × 1500 × 2350 mm

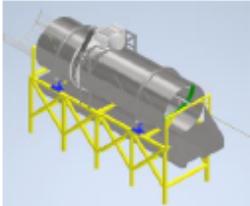
FUENTE: <http://www.hnmiracle.net/fruit-vegetable-processing-line/fruits-and-vegetable-cleaning-machine/rotary-drum-fruit-washer.html>

C9 Ficha técnica Lavadora rotativa



- Las papas se descargan en una tolva receptora.
- El cilindro tiene un diámetro de 700 mm y un Largo de 2100 mm.
- Toda la máquina está construida en chapa de acero inoxidable AISI 304.
- En su interior posee una cañería con aspersores para realizar el lavado y enjuague.
- Mesa de trabajo de 2.240 mm de largo x 750 mm de ancho.
- Incluye tablero de comando.
- Potencia Instalada: 5.5 hp x 720 rpm.
- Rendimiento Aproximado: 1.8 Tn/ h
- Estructura robusta soporta todas las cargas actuantes en la máquina.

C10. Ficha de mantenimiento preventivo de la máquina

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					Nº	FECHA: __/__/__
MÁQUINA		MÁQUINA LAVADORA DE PAPAS				
ACTIVIDAD	CODIGO	REALIZÓ	FRECUENCIA	PERIODO		OBSERVACIONES
				INICIO	FIN	
REVISION SISTEMA ELECTRICO		SE-01				
1	CABLEADO	C-11	ELECTRICO	DIARIO		
2	ESTADO DEL MOTOR	CM-11	ELECTRICO	DIARIO		
REVISION DEL SISTEMA MOTRIZ		SM-02				
1	ESTADO DE RODAMIENTOS	ROD-21	OPERADOR	TRIMESTRAL		
2	ESTADO DE LAS POLEAS	RD-21	OPERADOR	MENSUAL		
3	ESTADO DEL SISTEMA GRATORIO	CAD-21	OPERADOR	MENSUAL		
REVISION DEL SISTEMA DE LAVADO		SP-03				
1	TAMBOR	RS-31	OPERADOR	TRIMESTRAL		
2	MALLA	RI-31	OPERADOR	TRIMESTRAL		
3	PLACAS DE SOPORTE	PM-31	OPERADOR	TRIMESTRAL		
4	SOPORTES	PL-31	OPERADOR	TRIMESTRAL		
REVISION DEL SISTEMA DE ALIMENTACION		MG-04				
1	TOLVA DE ALIMENTACION	MG-41	OPERADOR	DIARIO		
2	SISTEMA DE ASPERSION	FL-41	OPERADOR	MENSUAL		
3	CEPILLOS	BH-41	OPERADOR	TRIMESTRAL		
4	RODAMIENTOS	GT-41	OPERADOR	MENSUAL		
5	TOLVA DE DESCARGA	TA-41	OPERADOR	TRIMESTRAL		
REVISION DEL SISTEMA DE DESCARGA		ACH-05				
1	BANDEJA RECOLECTORA	ACH-51	OPERADOR	MENSUAL		
REVISION DEL ESTADO DEL CHASIS		CH-06				
1	ESTADO DE LAS UNIONES SOLDADAS	CH-61	OPERADOR	SEMESTRAL		
LIMPIEZA GENERAL		LG-07				
APLICACION DE PINTURA		PP-07				

ELABORÓ:

Vo.Bo.

C11. Características técnicas de máquinas lavadoras de papas

Información Básica.

No. de Modelo.	CBPG-4000
Energía	2,2kw
nombre del producto	máquina de lavar frutas y mariscos
potencia del motor	2,2kw
longitud del cepillo	600/800/1000/1200mm
velocidad	ajustable
uso	lavado multifuncional
paquete	caja de madera
condición	nuevo
método de descarga	descarga automática
Especificación	CBPG-4000
Origen	China
Capacidad de Producción	100 sets/mes

Voltaje	220v/380v/personalizado
Personalizado	Personalizado
material	acero inoxidable 304
potencia de la bomba de agua	4kw
características	lavado con cepillo y spray
ventaja	filtro de agua y sistema de circulación
moq	juego 1
operación	alta eficiencia fácil de manejar
función de elevación	personalizado
Paquete de Transporte	exportar caja de madera
Marca Comercial	chuangbo
Código del HS	8433609000