



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura,
Ascope, La Libertad**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR (ES):

Mostacero Cedrón, José Enrique (orcid.org/0000-0003-0038-7316)

Toribio Calderón, Marco Guilliano (orcid.org/0000-0003-0895-8638)

ASESOR (ES):

Mg. Sialer Díaz, César Dany (orcid.org/0000-0002-7430-9524)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de investigación a nuestros padres, hermanos y abuelos quienes son el motivo de superación y los pilares fundamentales durante el desarrollo de nuestra vida.

Agradecimiento

A Dios por permitir llegar a estas instancias de nuestra carrera profesional y a nuestra querida alma mater, nuestra Universidad César Vallejo.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos.....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	20
VI. CONCLUSIONES	24
VII. RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS	26
ANEXOS.....	31

Índice de tablas

Tabla 1. Listado de expertos para validación de instrumentos.....	12
Tabla 2: Matriz de selección por criterios de evaluación.....	14
Tabla 3: Parámetros de diseño para una bomba espiral.....	15
Tabla 4: Especificaciones técnicas de la máquina hidropulsora.	16
Tabla 5. Presupuesto para fabricación de la máquina hidropulsora.	18
Tabla 6. Desempeño de la máquina hidropulsora.	19
Tabla 7: Operacionalización de la variable máquina hidropulsora.....	31
Tabla 8: Operacionalización de la variable riego en la pequeña agricultura.	32
Tabla 9: Evaluación de bombas manométricas, tecnologías (HPP).....	37
Tabla 10: Características de máquinas hidropulsoras según catálogo.	38
Tabla 11: Evaluación de parámetros de diseño mediante la ficha de registro.	39
Tabla 12: Datos técnicas de motobomba empleada para riego de maíz.....	40
Tabla 13: Resumen de caudales en la cuenca Chicama, estación Salinar.....	40

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Diagrama de presiones.	16
Figura 2: Diagrama de velocidades.	17
Figura 3: Vista de la máquina hidropulsora en 3D.	18
Figura 4: Padrón de la comisión de usuario de Sausal.	41
Figura 5: Mapa de caudales del río Chicama.	42
Figura 6: Vista fotográfica del río Chicama en Salinar.	42
Figura 7: Diagrama de cuerpo libre del eje, plano yz.	43
Figura 8: Diagrama de fuerzas cortantes, plano yz.	43
Figura 9: Diagrama de momentos flectores, plano yz.	44
Figura 10: Diagrama de cuerpo libre del eje, plano xz.	44
Figura 11: Diagrama de fuerzas cortantes, plano xz.	45
Figura 12: Diagrama de momentos flectores, plano xz.	45
Figura 13. Vista lateral de la carcasa de la rueda.	47
Figura 14. Vista 3D de la carcasa de la rueda.	47

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar la implementación de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope mediante el estudio de enfoque cuantitativo de tipo aplicada, diseño no experimental transversal y de alcance descriptivo. Se consideró como población 30 terrenos de cultivo empadronados aplicando los criterios de inclusión y exclusión tomando como muestra de estudio un sistema de riego. Mediante la evaluación de 3 alternativas de máquinas resultó que la bomba espiral con 94% satisface los criterios evaluados determinando así los parámetros de diseño. Con los resultados obtenidos se empleó el método iterativo utilizando como herramienta el software CFD para el diseño y simulación dinámica de la máquina obteniendo las características y parámetros hidráulicos, a partir de ahí mediante el análisis matemático se observó que la bomba espiral con 57 rpm satisface el caudal solicitado de $43 \text{ m}^3/\text{día}$ a 7 m de altura, por lo tanto, se evaluó su implementación con un presupuesto estimado de S/. 6,307.81 como inversión por la fabricación de la máquina. Se concluyó que a partir de la implementación de la bomba espiral se obtendrá beneficios a coste cero por ser un sistema renovable con total disponibilidad.

Palabras claves: Máquina, hidropulsora, bomba, espiral, riego.

Abstract

The general objective of this research was to evaluate the implementation of a hydropropulsion machine for irrigation in small-scale agriculture in the province of Ascope through a quantitative approach study of applied type, non-experimental cross-sectional design and descriptive scope. The population was considered as 30 registered cultivation plots applying the inclusion and exclusion criteria, taking as a study sample an irrigation system. By means of the evaluation of 3 machine alternatives, it was found that the spiral pump with 94% satisfied the evaluated criteria, thus determining the design parameters. With the results obtained, the iterative method was used using the CFD software as a tool for the design and dynamic simulation of the machine obtaining the hydraulic characteristics and parameters, from there by means of the mathematical analysis it was observed that the spiral pump with 57 rpm satisfies the requested flow of 43 m³/day at 7 m of height, therefore, its implementation was evaluated with an estimated budget of S/. 6,307.81 as investment for the manufacture of the machine. It was concluded that from the implementation of the spiral pump, benefits will be obtained at zero cost because it is a renewable system with total availability.

Key words: Machine, hydropropeller, pump, spiral, irrigation.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú, es uno de los países de Latinoamérica en donde se destaca mucho la agricultura, desarrollando gran variedad de productos para ser distribuidos en gran parte a los mercados locales e internacionales, esto es posible gracias a las grandes y medianas empresas agroindustriales que con avanzadas tecnologías logran desarrollar una muy buena producción y exportación de los diferentes productos dentro del país, por otro lado existe también un número considerable de pequeños agricultores en las zonas rurales del país que dependen mucho de la agricultura familiar, dedicándose al cultivo de sus terrenos a través de la mano de obra para mantener el sustento familiar, como también para abastecer a los pequeños mercados de las comunidades locales (Pintado Linares, 2020). La agricultura familiar es un modelo de vida y trabajo social muy empleado en las regiones andinas de los países latinoamericanos y el Caribe (Grisa y Sabourin, 2019) y dentro del país es empleado para el consumo propio, trueque y comercialización de los productos.

Los pobladores en los centros poblados y caseríos como: Sausal, Quemazón, Pampas, La Botella, entre otras localidades pertenecientes a la provincia de Ascope, por lo general viven de la pequeña agricultura desarrollando diferentes tipos de cultivos como: Maíz, arroz, frejol, yuca, camote, etc.; y para mantener una buena producción necesitan de abundante agua para abastecer a dicha plantación. El riego por gravedad a través de canales y acequias es limitada e inaccesible para muchos ya que solo es aprovechada aguas abajo del canal, por lo tanto también existen parcelas sobre el nivel del agua difícil de llegar, y la gran demanda de este recurso para el abasto de todas las plantaciones, los agricultores para suplir estas necesidades utilizan bombas convencionales que dependen de combustibles y energía eléctrica para su funcionamiento, sumado a ello estas máquinas generan gastos considerables por la compra o alquiler de las mismas además de producir contaminación ambiental por su uso.

Por lo mencionado anteriormente, se consideró de suma importancia mejorar la producción de cultivo a partir del abastecimiento de agua, buscando la estabilidad económica y solidez alimentaria en los pobladores, es así que nuestro objetivo fue evaluar alternativas de bombeo económicas para satisfacer la gran demanda de agua

en los cultivos de la pequeña agricultura, y como en esas zonas los agricultores no cuentan con tecnologías renovables, en base a (Dangwal y Aggarwal, 2019) se buscó implementar una nueva tecnología de riego por bombeo capaz de sustituir el método tradicional utilizado, generando así impactos novedosos e importantes en la vida de los agricultores según (Zambrano et al., 2020).

Respecto a los acontecimientos por el cual se enfrentan los pequeños agricultores para poder conseguir y abastecer de agua a sus parcelas, está la gestión inadecuada del agua, el cual es uno de los elementos más importantes para mantener una producción adecuada en el cultivo. También están las tecnologías tradicionales de bombeo según (Ávila González y Ríos Hernández, 2021) utilizadas para humedecer los terrenos, que muchas veces limitan a los agricultores rurales a sembrar y cosechar, por el mismo hecho que estos sistemas de bombeo necesitan de energía eléctrica o combustibles fósiles como principales fuentes de energía para su funcionamiento, sin embargo adquirir uno de estos sistemas resulta ser muy costoso y en ciertas ocasiones son inaccesible para los agricultores, debido a la gran demanda de estos insumos que se necesita para el funcionamiento del sistema durante la necesidad del agricultor (Omran y Negm, 2020).

Para (Zambrano et al., 2020) la inadecuada gestión del abastecimiento de agua es uno de los elementos más críticos para lograr los objetivos, y a raíz de ello trae como consecuencia que el agricultor se sienta frustrado por la pérdida económica en la inversión de sus cultivos, dejando de sembrar y producir con el miedo de volver a fracasar por el simple hecho de no contar con un método alternativo de bombeo sostenible económico y eficaz que impulsen al desarrollo, por otra parte el uso de las tecnologías tradicionales generan gastos en compra y mantenimiento, es por eso que los agricultores se limitan a optar estos sistemas por el miedo de invertir y no obtener los resultados esperados, sumado a eso estos sistemas generan emisiones de gases contaminantes y ruidos que perjudican directamente a los terrenos y al medio ambiente.

Hoy en la actualidad debido a las investigaciones y propuestas de proyectos asociados con las tecnologías de bombeo para la agricultura, se viene desarrollando prototipos e implementando diferentes alternativas económicas para el estudio y

análisis de los resultados realizados en campo mejorando así cada modelo propuesto (Dangwal y Aggarwal, 2019), gracias a ello surgieron nuevas tecnologías de bombeo sostenibles y económicas durante su operatividad como también para la adquisición de las mismas, estas tecnologías son las bombas hidropulsoras manométricas conocidas también como ruedas hidráulicas por gravedad, un modelo mejorado bajo el principio de Arquímedes (Zambrano et al., 2019) que gracias a la energía cinética del agua para su funcionamiento se convierten en un sistema alternativo de bombeo sostenible y limpio para la agricultura, utilizadas también para la generación de energía eléctrica (Sebestyén et al., 2022).

Esta investigación tuvo como propósito desarrollar un sistema de riego por bombeo renovable y asequible que beneficie a los pequeños agricultores teniendo como principal fuente de energía la cuenca del río Chicama, es así que se planteó la implementación de una bomba hidropulsora manométrica evaluando los tipos disponibles dentro de esta tecnología para el abastecimiento de agua. A partir de la implementación de la bomba se buscó mitigar la contaminación ambiental, reducir costos considerables e incentivar a los pequeños agricultores a desarrollar una agricultura limpia.

La actual investigación permitió analizar la situación actual del conocimiento sobre los sistemas de bombeo sostenible para agricultores rurales. Por lo tanto, a partir de los hechos relatados por la falta de un sistema de bombeo sostenible para los agricultores rurales, surgió como interrogante general de investigación: ¿Cuál es la factibilidad de implementar una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope?

A partir de la interrogante general surgieron las siguientes interrogantes específicas: ¿Qué alternativas existen de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura?, ¿Cuáles son los parámetros de diseño de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope?, ¿Cuáles son los elementos de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura?, ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura?, ¿Cuál es el presupuesto para la fabricación e implementación de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura?.

La presente investigación tuvo como objetivo general, evaluar la implementación de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo general se propusieron los siguientes objetivos específicos de los últimos cinco años: Evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura, determinar los parámetros de diseño de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope, diseñar la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura, determinar los parámetros hidráulicos de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura, elaboración de presupuesto para la fabricación e implementación de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura.

II. MARCO TEÓRICO

Las nuevas tecnologías de bombeo, como las bombas hidropulsoras manométricas conocidas bajo el nombre de ruedas hidráulicas por gravedad, constan de tres modelos que pueden ser flotantes o fijas, y gracias a su forma de tambor sobre un eje horizontal con unas paletas alrededor de su estructura semisumergidas que interactúan con el fluido e impulsadas por la energía cinética del agua, estas propuestas bajo el concepto antiguo y eficaz han ido evolucionando a partir de la teoría de Arquímedes. Estos dispositivos basados en la presión del agua, comenzó a ser previstas por diferentes autores del continente asiático a principios del siglo XIII por Al Jazari y posteriormente en el siglo XVI por Taqi Al Din entre otros, el cual presentan una gran ventaja porque gracias a la fuente de energía que utilizan para su funcionamiento es ilimitada y se encuentra disponible todo el tiempo, y en cuanto a su potencia es directamente proporcional a su tamaño convirtiéndose así en más rentables, por otra parte su estructura mecánicamente es robusta pero simple que gracias a ello requieren de poco mantenimiento con una larga vida útil, además suelen ser más eficientes (hasta un 85%) frente a otras alternativas renovables (Zambrano et al., 2019).

Las tecnologías de bombas hidropulsoras bajo el modelo de la teoría de Arquímedes, fueron evolucionando constantemente gracias a los prototipos que se desarrollaron e implementaron para su estudio analítico (Angelakis et al., 2022). Es así que el primer modelo de este tipo de bomba fue propuesto por Andrew Wirtz en el año 1746 según (Deane y Bevan, 2018), que años más tarde se diseñó la primera bomba espiral, denominada bomba hidrostática o manométrica (Matz et al., 2019).

En un estudio de investigación, la Universidad Tecnológica de Delft con sede en los Países Bajos junto a la Universidad Pontificia de Comillas en España, vienen desarrollando un proyecto enfocándose en la búsqueda de nuevas alternativas para la implementación de diferentes sistemas de riego limpio y asequible, basado en la tecnología de bombeo renovable con el apoyo de una empresa holandesa. Gracias a los métodos que emplearon para esta investigación, lograron identificar treinta tecnologías de bombas renovables agrupadas en ocho clases, y dentro de ellas se encuentran las bombas manométricas y los elevadores hidroneumáticos de agua, siendo mencionadas cada una de estas tecnologías por (Zambrano et al., 2019).

En cuanto a las bombas manométricas, estas consisten en una tubería flexible enrollada alrededor de un tambor con paletas sobre un eje horizontal, siendo estas paletas semisumergidas en el caudal del río provocando el giro constantemente del tambor, tomando porciones de agua y aire a través de un extremo abierto de la tubería en cada revolución, y el otro extremo de salida desemboca en el eje horizontal el cual es un tubo sólido con un accesorio giratorio al extremo que se acopla a una tubería fija. Gracias a la forma de la tubería curvada y la posición del eje que pueden ser transversal o axial respecto a la corriente del río, dan lugar a diferentes nombres de bombas manométricas tales como: Bomba espiral hidráulica (HSP) con tuberías planas de flujo cruzado accionada por ruedas hidráulicas, bomba de bobina hidráulica (HCP) con tuberías no planas de flujo cruzado accionadas por paletas radiales, y la bomba helicoidal hidráulica (HHP) con tuberías no planas accionadas por hélices de flujo axial, por lo tanto estos dispositivos están basadas en función de la velocidad del agua (energía cinética) (Zambrano et al., 2019).

Para el funcionamiento de estas bombas manométricas, principalmente se utiliza una rueda hidráulica o tambor con una especie de aletas montada sobre un eje horizontal apoyada en los extremos, es accionada de tal manera que solo debe haber una interacción de la corriente del agua con la inmersión de la rueda. De esta manera la energía cinética del fluido es aprovechada por la rueda hidráulica, y para el rendimiento de esta depende de la relación de bloqueo ($BR = A/A_c$), donde: A es el área sumergida de la paleta/rueda (ortogonalmente a la dirección del flujo) y A_c es la sección transversal del canal húmedo, y a medida que aumenta BR aumentará también la potencia de la rueda (Quaranta, 2018), (Quaranta y Müller, 2020) y (Quaranta y Revelli, 2020).

Si bien es fácil su construcción, la parte crítica en el diseño de este tipo de tecnologías está en acople de la tubería giratoria y la tubería fija, ya que esta unión debe estar herméticamente sellada para no presentar fugas del líquido. A través de los prototipos propuestos para los estudios correspondientes, se logra determinar la eficiencia de la bomba en función a la velocidad de rotación a diferentes alturas de inmersión y el rendimiento de la misma en relación a la cantidad de capas de espiras sobre el tambor (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019).

Por otra parte, para determinar la relación entre el número de capas del serpentín, la presión de salida y el caudal del agua, los autores concluyen que mientras exista más capas de tubería enrollada en el tambor, habrá mayor presión manteniendo el mismo caudal. En otra investigación se logra determinar un crecimiento del caudal a mayor velocidad de rotación del tambor a su misma vez un aumento en la relación de sumersión, para estos dos factores se obtiene la misma presión de salida (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019).

En cuanto a los elevadores hidroneumáticos de agua, son tecnologías que gracias a la energía potencial y la compresión hidráulica del fluido se logra bombear agua utilizada también para la generación de energía renovable (Roberts et al., 2019). La bomba de ariete hidráulico (Kesharwani, Tripura y Singh, 2021) también conocida por bomba hidráulica RAM, es un tipo de tecnología inventada en el siglo XVII, su principio de funcionamiento se centra en aumentar la presión del fluido cuando está en movimiento y repentinamente es obligado a detenerse, esta presión acumulada es aprovechada para elevar el fluido hacia un nivel más alto con respecto a la toma inicial de agua (Ahmad et al., 2020).

Una empresa estadounidense fabricó una bomba de ariete con la finalidad de realizar pruebas experimentales y poder estudiar los parámetros de caudal y presión, para ese entonces este diseño era el tipo de bomba más grande, esta bomba contaba con un tubo impulsor de 8 pulgadas mientras la tubería de salida era de 4 pulgadas de diámetro. Con el objetivo de obtener una capacidad de aspiración de 50 L/s a 5 metros de altura, el fabricante proporcionó las características de la bomba con diferentes cabezales para impulsar el fluido, realizaron las pruebas desarrolladas en campo utilizando instrumentos como caudalímetro y un manómetro para medir los parámetros de caudal y presión respectivamente, en donde realizaron pruebas a diferentes niveles de elevación del cabezal. Hechas las pruebas con tuberías de 8 pulgadas y 20 pulgadas en la aspiración, el fabricante no recomienda exceder el límite de aspiración de 50 L/s como punto de referencia máxima, además añadió que el cambio del tamaño de ariete no influyó mucho en la capacidad de descarga para esta prueba, finalmente recomiendan que para el uso de arietes con tuberías más grande en la aspiración requieren de mayor estudio e investigación ya que el flujo de diseño dependerá de su

tamaño (Kesharwani, Tripura y Singh, 2021).

Para evaluar la implementación de una bomba hidropulsora de tipo helicoidal, básicamente se centra en la investigación de la energía cinética del fluido, con el fin de estudiar los parámetros de caudal y presión para su diseño. La bomba está compuesta por tubo flexible que generalmente es una manguera enrollada alrededor de una estructura cilíndrica, formando así una serie de paquetes alternados entre sí que contienen agua y aire formando una secuencia de manómetros a diferentes presiones, en este tipo de bomba el número de columnas de agua es proporcional al número de las capas de mangueras, el cual esto determina la cabeza de descarga neta (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019).

Con el objetivo de obtener un modelo de la bomba helicoidal, en el artículo (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019), el autor propuso dos ecuaciones para determinar el caudal y la carga neta de descarga, en la primera ecuación el volumen de caudal promedio de la bomba se define por la sección transversal de la tubería flexible, la relación de sumersión determinada por el primer paquete y la velocidad con la que gira la bomba. En la segunda ecuación las longitudes de los paquetes con aire resultan ser el resultado gracias a la trayectoria de la entrada de la bomba que gira sobre el nivel del agua. Con el primer volumen de los paquetes de aire, precisamente para serpentín inicial, está en base a la estructura del tambor, el diámetro interno de la manguera y el porcentaje de la bomba que se encuentra sumergida. Conforme los paquetes de aire se desplazan desde que ingresa el fluido hasta su salida, la presión elevada que se genera disminuye el volumen de aire en el paquete aumentando así el volumen de agua. Esta diferencia de volumen desarrollado en el paquete se calcula en base a una tercera ecuación que cuando el paquete de agua alcanza la corona del serpentín, se genera un derrame del paquete de agua eliminando el paquete de aire entre ellos, esto ocasiona una disminución de la presión de salida (Cassan et al., 2021).

De esta manera el riego por bombeo bajo esta propuesta, es una de las formas para incentivar e impulsar a la producción de los pequeños agricultores, es por ello que el ingeniero Nepali Pratap Thapa, junto a Fred Henry de Holanda y Lennart Budelmann de Alemania, en el año 2013 fundaron la empresa aQysta con sede en los

Países Bajos, con el objetivo de implementar nuevas tecnologías, apoyando económicamente a los agricultores de bajos recursos sin generar problemas ambientales. Para el año siguiente han logrado desarrollar un modelo de esta nueva tecnología denominada bomba barsha (BP) basada en el principio de Arquímedes utilizando la energía cinética del agua, siendo este modelo la primera versión de las bombas espirales fabricadas por la empresa. Sin embargo, el diseño de la bomba BP se ha visto enfrentada a una serie de limitaciones que afecta la toma de decisiones por parte de los pequeños agricultores adquirir este producto, en cuanto a este problema la empresa ha presentado un sistema de servicio de producto (PSS), un tipo de modelo de negocio aplicados en las localidades de Nepal y Malawi del continente asiático. El modelo de negocio en Nepal se basa en brindar las bombas a los agricultores a través del gobierno (local, provincial o nacional) pagando el 10% del costo total de la bomba debido a los pagos asignados a las tecnologías renovables, o por minoristas pagando el costo inicial total. Por otro lado, en la comunidad de Malawi el modelo se basa distribuyendo el producto directamente desde la sede de la empresa, ofreciendo facilidades de pagos en cuotas programadas a plazos, o por medio de organizaciones internacionales realizando un subsidio único luego de pagar una inicial del 50% para la adquisición del producto, con estos modelos el objetivo de la empresa es proponer más oportunidades satisfaciendo las necesidades de la comunidad (Zambrano et al., 2020).

La empresa peruana Aqua Técnica Industrial (AQT) con sede en Lima, dedicada a brindar soluciones de agua y saneamiento, presenta 3 versiones de la bomba Barsha desarrollada por aQysta, con diferentes características y dimensiones para su uso (Tecnica y Sac, 2018). Señala los factores que pueden afectar el rendimiento de la bomba y para ello recomienda evaluar las condiciones del lugar de instalación como la profundidad y velocidad que presenta la corriente del fluido y la sección transversal del río o canal previsto; y según los parámetros analizados del sitio, se puede estimar la cantidad de agua que puede suministrar la bomba para la correcta elección de la misma según los modelos que presentan en su catálogo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

En cuanto a su finalidad, la presente investigación resulta ser de tipo aplicada, porque se emplea la investigación básica para formular hipótesis y resolver los problemas en bienestar de la sociedad utilizando un conocimiento tecnológico (España et al., 2018). De enfoque cuantitativo, ya que está orientada a la recolección y análisis de datos mediante técnicas e instrumentos para la obtención y fiabilidad de resultados (Lisbeth y González, 2021).

Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, puesto que no se manipularon las variables, si no que se visualizaron los acontecimientos tales y como se dieron en su contexto natural para luego analizarlos (Risco, 2020). Según su alcance la presente investigación es de tipo transversal – descriptivo, ya que la variable fue medida una sola vez y con esa información ejecutar el análisis y medir las características del grupo, sin estimar la variación de las unidades.



Dónde:

M: Muestra de un sistema de riego.

Ox: Observación de la variable riego en la pequeña agricultura.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Máquina hidropulsora.

La presente variable es de tipo compuesta y de categoría cuantitativa. Según (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019), este diseño innovador permite regar los campos de cultivo sin emplear combustibles ni electricidad para su funcionamiento, ya que opera bajo el principio de Arquímedes, el cual fue diseñada como una bomba de riego sostenible, de costos mínimos y bajo índice de mantenimiento.

Variable dependiente: Riego en la pequeña agricultura.

La variable es de tipo compuesta y de categoría cuantitativa. Para (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018), el riego de los cultivos con fuentes de energía renovable, contribuyen a un desarrollo social sostenible, permitiendo a las comunidades rurales acrecentar el rendimiento de sus cultivos a costos reducidos sin generar problemas al medio ambiente.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La investigación tuvo como propósito, estudiar a treinta sistemas de riego en el distrito de Chicama. Se consideró como criterio de inclusión a todos los pequeños agricultores empadronados en el sistema de riego local que fueron estudiados para el desarrollo de esta investigación. Se tuvo como criterio de exclusión a los agricultores empadronados que contaban con pozos subterráneos de su propiedad.

Muestra:

Para esta investigación se realizó el estudio de la implementación de un sistema de riego para un agricultor en el distrito de Chicama.

Muestreo:

Se consideró un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se evaluó la implementación de un sistema de riego para un agricultor en el distrito de Chicama.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos.

Mediante la observación en la visita realizada a los terrenos empadronados, se identificó los métodos de riego que se emplea en la pequeña agricultura, y para un terreno de cultivo se evaluó los parámetros del sistema de riego en función del procedimiento y técnicas que aplica el agricultor para el riego de su plantación, de esta manera se determinó la importancia de la implementación de una máquina hidropulsora en el distrito de Chicama.

Instrumentos de recolección de datos.

Mediante una guía de observación se evaluó las alternativas de máquinas hidropulsoras utilizando criterios de evaluación para el estudio de la variable independiente. Además, a través de una ficha de registro se evaluó los parámetros de diseño en función de los sistemas de riego empleado en campo.

Validación

Para la validación de instrumentos estuvieron a cargo tres profesionales expertos según su especialidad, quienes evaluaron cada enunciado establecido en los instrumentos de recolección de datos.

Tabla 1. Listado de expertos para validación de instrumentos.

Profesional experto	Especialidad
Mtr. Peláez Chávez, Víctor Hugo	Ciencia de Materiales
Ing. Del Águila Castillo, Fernando Alberto	Estadística
Ing. Haro Castillo Albert Jhon	Mecánica

Nota. Mtr.: Máster, Ing.: Ingeniero

3.5. Procedimientos

Se obtuvo los datos de los terrenos empadronados en la comisión de riego de Sausal, y mediante la técnica de observación de acuerdo a la población y muestra se realizó el estudio a un terreno de cultivo aplicando los instrumentos de recolección de datos, para luego continuar con el proceso del análisis de estudios e implementación del objetivo general para discutir los resultados, llegar a las conclusiones y sugerir las recomendaciones según lo evaluado culminando con los antecedentes empleados en la revisión de literatura de la investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Mediante el método iterativo se empleó como herramienta el software Autodesk CFD para obtener el modelo de la máquina hidropulsora y de la simulación dinámica se logró observar el comportamiento evaluando los parámetros de salida, para luego mediante el análisis matemático obtener las tablas características y desempeño de la máquina

3.7. Aspectos éticos

En la presente investigación se consideró los buenos principios y comportamientos permisibles en la investigación. Se emplearon normas ISO 690 para las citas, considerando al autor y año de investigación, así como en la realidad problemática, antecedentes y marco teórico.

Se respetó la normativa de la guía actual de la Universidad César Vallejo, y se desarrolló con total transparencia y confiabilidad el estudio de datos analizados en campo con los procedimientos detallados.

IV. RESULTADOS

Luego de haber aplicado los instrumentos a partir de la observación en campo sobre el uso de los sistemas de riego para determinar la importancia de la implementación de una máquina hidropulsora, se emplearon los parámetros de diseño para analizar el comportamiento fluidodinámico mediante el software CFD con la finalidad de obtener los parámetros hidráulicos de la máquina. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada objetivo establecido.

Objetivo específico 1: Evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura.

Tabla 2: Matriz de selección por criterios de evaluación.

Máquinas hidropulsoras							
Criterios de evaluación	Proporción (%)	Motobomba		B. Espiral		Electrobomba	
		Ptje.	Valor	Ptje.	Valor	Ptje.	Valor
Energía	0.30	2	0.60	5	1.50	3	0.90
Disponibilidad	0.25	3	0.75	5	1.25	2	0.50
Adaptabilidad	0.20	3	0.60	4	0.80	4	0.80
Contaminación	0.15	3	0.45	5	0.75	4	0.60
Mantenimiento	0.10	3	0.30	4	0.40	2	0.20
TOTAL			2.70		4.70		3.00

Nota. B: bomba, Ptje: puntaje

Interpretación

Mediante la técnica de observación, se consideró tres alternativas de máquinas para riego evaluadas en la **Tabla 10**. Con los datos obtenidos en la observación y revisión de literatura, se calificó cada alternativa en el instrumento según los criterios evaluados, y en la presente matriz se consideró 5 puntos como valor total para la elección de cada alternativa, por lo tanto, se observó que la motobomba obtuvo 2.7 puntos, la electrobomba 3 puntos, y finalmente la bomba espiral alcanzó los 4.7 puntos siendo esta la alternativa que mayor satisface los criterios evaluados.

Objetivo específico 2: Determinar los parámetros de diseño de una máquina hidropropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope.

Tabla 3: *Parámetros de diseño para una bomba espiral.*

VARIABLE/INDICADOR		
Variable 1: Máquina hidropropulsora	Condiciones de diseño	Necesidad
Indicador: Función	Q = 43 m ³ /día, H = 5 m	R
Indicador: Energía	Mediante la energía cinética del agua.	R
Indicador: Velocidad	Mínima de 0.5 m/s	R
Indicador: Dimensión	Máximo: L = 1.50 m, D = 1 m	D
Indicador: Peso	Máximo 80 kg.	D
Indicador: Costo	Bajo costo de operación.	D
Indicador: Seguridad	Guarda de protección.	R

Nota. D = deseo, R = requerimiento, Q = caudal, H = altura, L = longitud, D = diámetro

Interpretación

Con el instrumento se registraron los datos reales de aquellos parámetros presentes en campo mediante la técnica de observación, y como requerimiento para un cultivo de maíz se estimó un caudal de 43 m³ de agua a 5 m de altura siendo este el parámetro de funcionamiento, se consideró el río Chicama como fuente de energía y el costo por funcionamiento de la máquina en comparación con los métodos de riego tradicionales, además de la revisión de literatura según los caudales obtenidos en los reportes hidrológicos del río Chicama se estimó la velocidad mínima de operación, y según las investigaciones se consideró las características de algunos modelos ya existentes asumiendo como parámetros las dimensiones de la rueda, el peso máximo y adoptar los estándares de seguridad para su eventual manipulación y protección de la máquina.

Objetivo específico 3: Diseñar la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura.

Tabla 4: Especificaciones técnicas de la máquina hidropulsora.

Componentes	Características
Eje	Diámetro = 50.3 mm, longitud = 0.8 m
Paleta	Espesor = 1/8", longitud = 0.45 m, cantidad = 6
Rueda	Diámetro = 0.5 m, longitud = 0.5 m, espesor = 1/4"

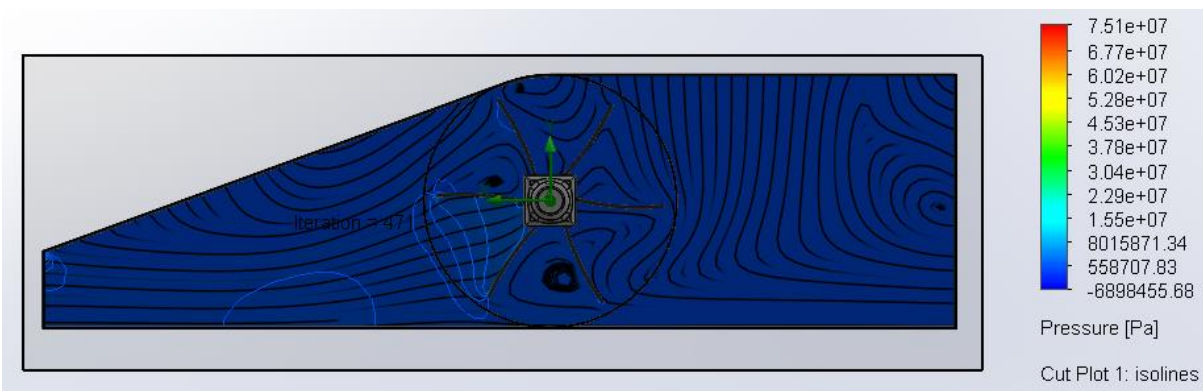
Nota: n" = pulgadas, m = metro, mm = milímetro

Interpretación

A través de la simulación por iteración cumpliendo con los parámetros de diseño se obtuvieron las características de los principales componentes de la máquina, por lo tanto, del software se obtuvo el espesor y las dimensiones de la carcasa, además la rueda tuvo 6 paletas de 0.45 m c/u por 1/8" de espesor, de la simulación se tomó los datos de torque y momento flector máximo que generan las paletas para el análisis matemático logrando corroborar que el eje obtuvo 50.3 mm de diámetro.

Objetivo específico 4: Determinar los parámetros hidráulicos de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura.

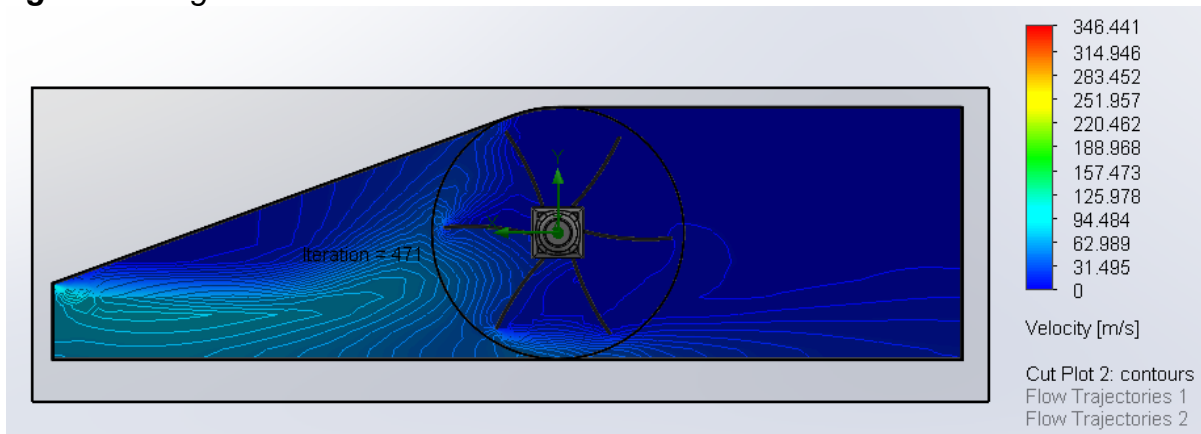
Figura 1: Diagrama de presiones.



Interpretación

De la simulación dinámica con el modelo de rueda ya establecida se puede observar en la figura los rangos de presiones obtenidos, por lo tanto, para el diseño de la rueda se consideró la presión atmosférica como dato y a partir de ahí en la parte superior derecha de color rojo en la imagen se visualizada que la máxima presión admitida por la rueda es de 75.1 MPa.

Figura 2: Diagrama de velocidades.



Interpretación

Mediante la simulación fluidodinámica se observó que la rueda obtuvo diferentes velocidades siendo 346.4 m/s la máxima velocidad admitida, y a partir del parámetro de diseño como requerimiento después de haber realizado todos los procesos iterativos necesarios la velocidad solicitada se encuentra dentro del rango de las velocidades obtenidas.

Objetivo específico 5: Elaboración de presupuesto para la fabricación e implementación de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura.

Tabla 5. Presupuesto para fabricación de la máquina hidropulsora.

Máquina hidropulsora	
Descripción	Parcial
Materiales de construcción	S/. 2,112.00
Costo por fabricación	S/. 2,000.00
Costo Directo	S/. 4,112.00
Gastos Generales (20%)	S/. 822.40
Utilidad (10%)	S/. 411.20
Sub Total	S/. 5,345.60
Impuestos (IGV 18%)	S/. 962.21
COSTO TOTAL	S/. 6,307.81

Nota: S/. = soles, IGV = impuesto general a las ventas

Interpretación

Se evaluó el presupuesto total de la máquina a partir del requerimiento de los materiales y el costo de la mano de obra para su fabricación obteniendo el costo directo, además se consideró los gastos generales y la utilidad del costo directo según el valor porcentual evaluado, finalmente sumado al valor obtenido, se asignó el IGV resultando un costo total de S/. 6,307.81 para la implementación de la máquina hidropulsora.

Objetivo general: Evaluar la implementación de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope.

Figura 3: Vista de la máquina hidropulsora en 3D.

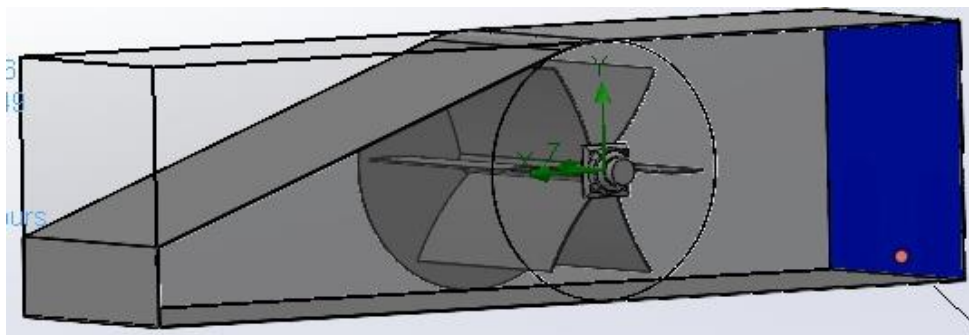


Tabla 6. Desempeño de la máquina hidropulsora.

Parámetros de entrada			Parámetros de salida		
nº espiras	Rpm	P. entrada (KPa)	P. salida (KPa)	Caudal Q (m ³ /día)	Altura H (m)
8	19	101.33	109.166	14.593	7.841
8	26	101.33	109.166	20.118	7.841
8	54	101.33	109.166	40.965	7.841
8	76	101.33	109.166	58.216	7.841

Nota: nº = número, P = presión, Q = caudal, rpm = vueltas por minuto, H = Altura

Interpretación

Para evaluar la implementación de la máquina se analizaron los parámetros de salida a partir de los caudales del fluido según las temporadas del año y la presión atmosférica como valor constante, además para el cálculo se estimó 4 espiras de tamaño promedio según el diámetro de la máquina para cada lado sumando un total de 8 espiras. Con estos valores como parámetros de entrada según los caudales del río en cada estación del año se observó que el caudal solicitado estuvo entre el rango 54 y 76 rpm de la rueda, por lo tanto, según el requerimiento de agua de 43 m³/día la máquina debe operar a 57 rpm entre las temporadas de otoño e invierno donde la velocidad del fluido en el río aumenta.

Con los resultados obtenidos la máquina en función de su estructura demuestra un desempeño considerable para el riego en la pequeña agricultura, por lo tanto, si se aumenta el tamaño de la rueda con la relación de sumersión, aumentará el volumen de agua en cada paquete obteniendo mayor caudal de salida. Con esto la implementación de la máquina resulta rentable ya que con una sola inversión por su adquisición se obtendrá beneficios a coste cero.

V. DISCUSIÓN

Para el desarrollo de la investigación, se planteó el primer objetivo específico que tuvo como propósito evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego, en base a ello se estudió los aportes teóricos de (Zambrano et al., 2020), quienes investigaron las tecnologías de bombeo hidroeléctrico mediante criterios de selección para la implementación de sistemas de riego limpios y asequibles. Con los resultados obtenidos a partir de la evaluación de 3 alternativas de máquinas, se observó que la motobomba obtuvo 2.7 puntos cumpliendo solo con el 54% del total de los criterios, por otro lado, la electrobomba con 3 puntos satisface el 60% por lo tanto, no cumple en su totalidad con lo establecido, finalmente la bomba espiral obtuvo la mayor puntuación ya que con 4.7 satisface el 94% de todos los criterios siendo la alternativa más rentable para el riego en la agricultura. A partir de los resultados obtenidos se observó coincidencia con lo estudiado por (Zambrano et al., 2019), quienes analizaron algunos casos el uso de las bombas espirales en otros países logrando obtener diferentes actitudes en los agricultores y propietarios sobre el desempeño de la bomba, con esto los autores mostraron que para satisfacer las necesidades en la agricultura, las condiciones y restricciones no deberían ser un obstáculo para adoptar nuevas soluciones. Por lo tanto, adoptar un nuevo sistema para riego como la bomba espiral bajo el estudio de las necesidades en el cultivo y considerando el aprovechamiento de las energías renovables según (Ávila González y Ríos Hernández, 2021), resulta ser beneficioso por el ahorro económico y disponibilidad de energía para estos dispositivos además del impacto en la agricultura desde el punto de vista medioambiental.

En el segundo objetivo específico se evaluaron los parámetros de diseño de una máquina hidropulsora para riego, para ello según (Heider et al., 2022) en su investigación emplearon el método de la observación con el respaldo de una revisión de literatura quienes estimaron las dimensiones geométricas y potencial energético del valle en estudio, por otra parte (Analyses, 2020) estudió el efecto de las diferentes profundidades de sumersión para el análisis del rendimiento y las características de flujo de una rueda hidráulica de tamaño real aplicada en un canal abierto. De los resultados obtenidos la máquina debe ser diseñada para bombear 43 m^3 de agua a 5 metros de altura como parámetro de funcionamiento, esta debe ser accionada por la

energía cinética del agua a una velocidad mínima estimada de 0.5 m/s a partir de los reportes hidrológicos de (Senamhi, 2022), en cuanto a las dimensiones no debe exceder 1.50 m de longitud por 1 m de diámetro, con un peso máximo de 80 kg además de tener una estructura segura y confiable. Estos resultados mostraron concordancia con lo obtenido por (Teoh et al., 2022), quienes investigaron los parámetros de diseño de una rueda hidráulica en base a otros modelos y según su investigación mencionan que el rendimiento de la rueda depende de los parámetros de velocidad y caudal del agua además de las condiciones ambientales. Con los resultados y coincidencias en los antecedentes se establece que los parámetros obtenidos son de gran importancia para el diseño de la máquina ya que fueron evaluados en base a las condiciones y necesidades para implementar un sistema de riego limpio y accesible.

En el tercer objetivo específico se diseñó la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura, se consideró los aportes teóricos de (Lee et al., 2019) quienes buscaron desarrollar una bomba de agua que utilice energía hidroeléctrica, para ello emplearon un software diseñando un modelo de rueda a partir de los hallazgos en la revisión de literatura, las consideraciones de diseño y los parámetros operativos; además (Shingala et al, 2022) en su investigación establecieron un modelo de la máquina mediante el método iterativo y gracias a la simulación dinámica obtuvieron las características geométricas de la rueda solicitada. Para el diseño de la máquina se empleó el mismo método por el cual la rueda obtuvo 0.5 m de diámetro por 0.5 m de longitud, consta de 6 paletas de 0.45 m de longitud por 1/8" de espesor, el diámetro de eje resultó ser de 50.3 mm con la misma longitud de la rueda. El método empleado para obtener las características de la rueda muestra similitud con lo obtenido por (Kalina et al., 2021) donde desarrollaron una rueda flotante hidroeléctrica mediante el análisis y diseño conceptual usando como herramienta el software CFD para el análisis dinámico del fluido, además con el mismo método (Permanasari et al., 2019) utilizaron un software estadístico para determinar la eficiencia real de la rueda hidráulica a partir de los resultados experimentales. Con los resultados obtenidos y las coincidencias encontradas, muestran una clara evidencia que el método empleado resulta ser muy eficaz para obtener resultados precisos gracias al diseño dinámico sin necesidad de realizar prototipos físicos.

El cuarto objetivo específico consistió en determinar los parámetros hidráulicos de la máquina, y según los aportes de (Kodirov y Tursunov, 2019) establecen que el tamaño de una rueda hidráulica para generar energía eléctrica depende de la velocidad y volumen del fluido además de la profundidad para garantizar su óptima eficiencia, por otro lado (Cleyne et al., 2018) en su investigación mencionan que a mayor velocidad de la rueda se produce una caída de altitud del agua bombeada, por lo tanto la presión de bombeo va a depender de la velocidad de la rueda generada por el caudal del río y la relación de sumersión. Es así que mediante la simulación dinámica se obtuvo como resultado que la presión máxima soportada por la rueda es de 75.1 MPa a partir de la presión atmosférica asumida como dato de diseño, por otro lado, con la velocidad mínima de diseño considerada de 0.5 m/s de la simulación se obtuvo que la máxima velocidad admitida por la rueda es 346.4 m/s. Estos resultados mostraron coincidencia con el método empleado por (Todorov, Kamberov y Semkov, 2021), quienes en su investigación demostraron que se puede utilizar como tecnología el diseño de prototipos virtuales para obtener resultados directos de los parámetros solicitados ya que el diseño de prototipos físicos resulta ser muy costoso. Con las evidencias encontradas y sus coincidencias reflejan los beneficios de adoptar un enfoque iterativo para obtener los resultados de las variantes de manera precisa sin descuidar la creación de prototipos físicos para la validación del diseño.

En el quinto objetivo específico se determinó el presupuesto para la implementación de máquina hidropulsora, por lo tanto se evaluó los aportes teóricos de (Heider et al., 2022) quienes mencionan que para tener ahorro y beneficios económicos es necesario una inversión inicial para adoptar este método de riego sostenible ya que el costo por inversión de estas máquinas compensaría los gastos en insumos y mantenimiento de las bombas tradicionales. Según los resultados obtenidos el costo directo resultó S/. 4,112.00 considerando materiales altamente resistentes y mano de obra especializada, con esto se obtuvo el sub total de S/. 5,345.60 por la suma de gastos generales (20%) y utilidad (10%) del costo directo, además a este monto se le incluyó el cargo del 18% por IGV obteniendo el total de S/. 6,307.81 como inversión para la implementación de la máquina. Estos resultados mostraron contradicción con lo establecido por (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019) quienes

fabricaron una rueda flotante con materiales baratos, livianos y reciclables siendo una inversión menor, por otro lado según (Kirke, 2020) mencionan que diseñar ruedas hidráulicas compactas resisten grandes momentos de flexión en canales con mayores pendientes logrando una mayor eficiencia. Con la inversión propuesta y según los antecedentes encontrados evidencia que para adoptar un modelo de riego sostenible compacto y seguro como la bomba espiral se necesita de tal inversión para obtener ahorros y beneficios económicos a comparación de las bombas tradicionales que necesitan de otros insumos para su funcionamiento además de mantenimiento constante.

Finalmente, en el objetivo general se evaluó la implementación de la máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura en la provincia de Ascope. Y Según (Quiroga, Tschiersch y Bohórquez, 2019) desarrollaron un modelo de aprendizaje para el diseño de bombas helicoidales quienes buscaron fuentes alternativas de energía para lidiar con las necesidades de abastecimiento de agua logrando implementar un modelo de bomba serpentín. A partir de los hallazgos en cada objetivo específico que fueron de gran utilidad, se observó que la máquina a 57 rpm satisface el requerimiento de agua solicitado de 43 m³/día a 7 m de altura, para esto la máquina debe operar entre las temporadas de verano y otoño donde la velocidad y el caudal del río aumenta, por lo tanto la máquina se diseñó para funcionar desde los 0.5 m/s aprovechando los menores caudales para los fines que se crea conveniente. Con los antecedentes evaluados en la investigación se encontró coincidencia con el estudio de (Checa, 2022) quienes mencionan que al adoptar un sistema de bombeo renovable y eficiente como la bomba espiral en el sector agrícola, provocará mayor productividad como principal beneficio por la disponibilidad de la máquina aprovechando la energía del río como recurso. En base al estudio se considera que con la implementación de la máquina se obtendrá mayores beneficios económicos y ambientales ya que es una alternativa muy prometedora para el riego debido a su adaptabilidad y disponibilidad.

VI. CONCLUSIONES

1. El método de selección por criterios en la evaluación de máquinas hidropulsoras resultó conveniente para determinar la mejor alternativa de riego, y de los resultados obtenidos la bomba espiral satisface el 94% de los 5 puntos de valor establecidos por los criterios, de esta manera se concluye que la bomba espiral cumple en su mayoría con las condiciones y necesidades evaluadas para el riego en la pequeña agricultura.
2. Los parámetros de diseño se evaluaron de acuerdo al requerimiento y deseo del agricultor para el abastecimiento de agua, para ello se registró los datos reales de campo además de las consideraciones y recomendaciones evaluadas en los antecedentes. Con esto se concluye que la revisión de literatura influyó significativamente durante la observación en campo como técnica empleada para evaluar los parámetros de diseño de la máquina hidropulsora.
3. Se empleó como herramienta el software Autodesk CFD para el diseño de la máquina por el método iterativo, por lo que de la simulación se obtuvo las características y dimensiones de la rueda además del torque y momento flector máximo como datos para el análisis de reacciones en los apoyos. Por lo tanto, este método resultó ser de suma importancia para el diseño ya que a través de la simulación dinámica no hubo necesidad de implementar prototipos físicos para el análisis de resultados.
4. A partir de la simulación dinámica se obtuvieron los parámetros hidráulicos de la máquina siendo 75.1 MPa es la presión máxima admitida por la rueda para su accionamiento con una velocidad máxima de 346.4 m/s, por lo tanto, estos parámetros hidráulicos satisfacen con lo solicitado.
5. Se determinó el costo de la máquina con un valor estimado de S/. 6,307.81 por la implementación de la bomba espiral.
6. La bomba espiral es una alternativa para riego sostenible que promueve el desarrollo en la agricultura por su total disponibilidad y bajo índice de mantenimiento, por lo que su implementación beneficiaría económicamente al agricultor satisfaciendo las necesidades sin gastos por operación.

VII. RECOMENDACIONES

Investigar diferentes tipos de cultivos para evaluar que otros criterios existen y cuáles se deben de considerar para evaluar la implementación de un nuevo sistema de riego de acuerdo a las necesidades en la agricultura ya que estos influyen significativamente en la toma de decisiones. De esta manera se podrá obtener mediante elección la alternativa de máquina más conveniente que satisface los requerimientos solicitados.

Determinar los parámetros de diseño a partir de la evaluación de los sistemas de riego empleados en la agricultura, para el registro de los datos reales de campo, esto con la finalidad de establecer los parámetros según las condiciones del lugar y necesidades para el riego en la agricultura.

Para determinar el modelo de este tipo de máquina, resulta ser difícil el diseño analítico por la carencia de datos e información, por ese motivo es conveniente el uso de un software que nos permita la simulación iterativa, ya que a través de este método se conseguirá analizar todos los resultados logrando obtener los datos solicitados con la finalidad de cumplir con los parámetros de diseño establecidos.

Evaluar los parámetros hidráulicos de una máquina hidropulsora de acuerdo a los requerimientos solicitados para el riego en la agricultura con el propósito de analizar su máximo rendimiento.

Elaborar un presupuesto detallado para una máquina de acuerdo a las necesidades del agricultor es de suma importancia ya que de esta manera se buscará promover la implementación de la máquina a bajos costos al alcance de los agricultores con bajos recursos que más lo necesitan.

Promover el uso del riego sostenible en la agricultura planteando nuevas alternativas como la máquina hidropulsora, para ello es necesario observar y evaluar las necesidades o los problemas que se pueden enfrentar, ya que de esta manera se contribuye al desarrollo de la comunidad obteniendo beneficios con alternativas de riego económicas y accesibles.

REFERENCIAS

- AHMAD, R., SARIP, S., HASHIM, K.A.B. y SUHOT, M.A., 2020. Design and development of a hydraulic ram pump for the rural communities. *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference, R10-HTC*, vol. 2020- Decem. ISSN 25727621. DOI 10.1109/R10-HTC49770.2020.9357006.
- ANALYSES, N., 2020. Performance Investigation of the Immersed Depth Effects on a Water Wheel Using Experimental and . ,
- ANGELAKIS, A.N., VALIPOUR, M., DIETRICH, J., VOUDOURIS, K., KUMAR, R., SALGOT, M., MAHMOUDIAN, S.A., RONTOGIANNI, A. y THEOCHARIS, T., 2022. Sustainable and Regenerative Development of Water Mills as an Example of Agricultural Technologies for Small Farms. *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 10. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w14101621.
- ÁVILA GONZÁLEZ, E. y RÍOS HERNÁNDE, A., 2021. Evolución histórica de las fuentes energéticas empleadas en el abasto de agua y riego agrícolas. *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 11, no. 1, pp. 47-57.
- CASSAN, L., DELLINGER, G., MAUSSION, P. y DELLINGER, N., 2021. Hydrostatic pressure wheel for regulation of open channel networks and for the energy supply of isolated sites. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 17, pp. 1-18. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su13179532.
- Catálogo 2022. , 2022.
- CLEYNEN, O., KERIKOUS, E., HOERNER, S. y THÉVENIN, D., 2018. AC. *Energy* [en línea], ISSN 0360-5442. DOI 10.1016/j.energy.2018.10.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.003>.
- DANGWAL, K.K. y AGGARWAL, M., 2019. Irrigation using natural energy sources. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 8608-8613. ISSN 22773878. DOI 10.35940/ijrte.C6445.098319.
- DEANE, J.H.B. y BEVAN, J.J., 2018. A hydrostatic model of the Wirtz pump. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 474, no. 2211. ISSN 14712946. DOI 10.1098/rspa.2017.0533.
- Dirección zonal 3 oficina de enlace de la libertad reporte hidrológico de la cuenca

chicama 26. , 2022.

- ESPAÑA, B., JARAMILLO, A.G., BAYONA, D.M., BOMBINI, G., LAINO, N., CESARONI, C. y ..., [sin fecha]. Equipo De Investigación. [en línea], pp. 1-4. Disponible en: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=gskIDR8AAAAJ&pagesize=100&citation_for_view=gskIDR8AAAAJ:738O_yMBCRsC.
- GRISA, C. y SABOURIN, E., 2019. Agricultura Familiar: de los conceptos a las políticas públicas en América Latina y el Caribe. *2030 ? Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe* [en línea], vol. 15, no. July, pp. 21. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5087es/ca5087es.pdf> RI - archive%0Ahttp://agritrop.cirad.fr/593197/1/Agri Familiar en ALC de conceptos a políticas. C Grias %26 E Sabourin FAO 2019.pdf%0Ahttp://www.fao.org/publications/es%0Ahttps://hal.archives-ouvertes.fr/hal-027.
- HEIDER, K., QUARANTA, E., GARCÍA AVILÉS, J.M., RODRIGUEZ LOPEZ, J.M., BALBO, A.L. y SCHEFFRAN, J., 2022. Reinventing the wheel – The preservation and potential of traditional water wheels in the terraced irrigated landscapes of the Ricote Valley, southeast Spain. *Agricultural Water Management*, vol. 259, no. July 2021. ISSN 18732283. DOI 10.1016/j.agwat.2021.107240.
- KALINA, T., ILLES, L., JURKOVIC, M. y LUPTAK, V., 2021. Development and Design Optimisation of a Small Floating Hydroelectric Power Plant. *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 18, no. 10, pp. 43-63. ISSN 17858860. DOI 10.12700/APH.18.10.2021.10.3.
- KESHARWANI, S., TRIPURA, K. y SINGH, P., 2021. Classical hydraulic ram pump performance in comparison with modern hydro-turbine pumps for low drive heads. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, vol. 235, no. 6, pp. 1463-1486. ISSN 20412967. DOI 10.1177/0957650921997202.
- KIRKE, B., 2020. Hydrokinetic turbines for moderate sized rivers. *Energy for Sustainable Development* [en línea], vol. 58, pp. 182-195. ISSN 23524669. DOI 10.1016/j.esd.2020.08.003. Disponible en:

- <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.08.003>.
- KODIROV, D. y TURSUNOV, O., 2019. Calculation of Water Wheel Design Parameters for Micro Hydroelectric Power Station. , vol. 05042.
- L. MOTT, R., 2004. Diseño de elementos de máquinas. 1944 [en línea], vol. 4, pp. 946. Disponible en: www.pearsoneducacion.net.
- LEE, M.D., CHAN, J.Y., LING, J. y LEE, P.S., 2019. Design and Development of Zero Electricity Water Pump for Rural Development. , vol. 7, no. 6, pp. 441-449. DOI 10.13189/ujme.2019.070615.
- LISBETH, L. y GONZÁLEZ, J., 2021. Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. , no. June.
- MATZ, R., BŁAZEJEWSKI, R., NAWROT, T. y PAWLAK, M., 2019. Hydraulic capacity and efficiency of a low-speed nonpressurized coil pump. *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 8, pp. 9-12. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w11081659.
- OMRAN, E.S.E. y NEGM, A.M., 2020. *Introduction to "Technological and Modern Irrigation Environment in Egypt: Best Management Practices and Evaluation"*. S.I.: s.n. ISBN 9783030303747.
- PAOLA FERNANDA, C.L., 2022. No Title. ,
- PERMANASARI, A.A., SUKARNI, PUSPITASARI, P., UTAMA, S.B. y YAQIN, F.A., 2019. Experimental Investigation and Optimization of Floating Blade Water Wheel Turbine Performance Using Taguchi Method and Analysis of Variance (ANOVA). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 515, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/515/1/012086.
- PINTADO LINARES, M.A., 2020. Aportes de la agricultura familiar al sector agropecuario y una propuesta de tipología para su caracterización en el Perú. [en línea], pp. 1-174. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16454>.
- PRESTACIONES, C.D.E. y INSTALACIONES, U.E., [sin fecha]. CP. , pp. 72-81.
- QUARANTA, E., 2018. Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance assessment and design recommendations. *Energy for Sustainable Development*[en línea], vol. 45, pp. 96-109. ISSN 23524669. DOI 10.1016/j.esd.2018.05.002. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.002>.

- QUARANTA, E. y MÜLLER, G., 2020. Optimization of undershot water wheels in very low and variable flow rate applications. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 58, no. 5, pp. 845-849. ISSN 00221686. DOI 10.1080/00221686.2019.1671508.
- QUARANTA, E. y REVELLI, R., 2020. Performance Optimization of Overshot Water Wheels at High Rotational Speeds for Hydropower Applications. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 146, no. 9, pp. 1-5. ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001793.
- QUIROGA, J., TSCHIRSCH, K. y BOHÓRQUEZ, O., 2019. Coil pump design as an object of meaningful learning. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1161, no. 1, pp. 1-6. ISSN 17426596. DOI 10.1088/1742-6596/1161/1/012027.
- RISCO, A.A., 2020. Clasificación de las Investigaciones. *Univesidad de Lima*, pp. 1-5.
- ROBERTS, A., THOMAS, B., SEWELL, P. y HOARE, E., 2019. Generating renewable power from water hammer pressure surges. *Renewable Energy* [en línea], vol. 134, pp. 1392-1399. ISSN 18790682. DOI 10.1016/j.renene.2018.09.006. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.09.006>.
- SEBESTYÉN, V., HORVÁTH, M., SOMOGYI, V., DOMOKOS, E. y KOCH, R., 2022. Network-Analysis-Supported Design Aspects and Performance Optimization of Floating Water Wheels. *Energies*, vol. 15, no. 18, pp. 1-12. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en15186747.
- SHINGALA, A., CLEYNEN, O., JAIN, A., HOERNER, S. y THÉVENIN, D., 2022. Genetic Optimisation of a Free-Stream Water Wheel Using 2D Computational Fluid Dynamics Simulations Points towards Design with Fully Immersed Blades. , TECNICA, A. y SAC, I., [sin fecha]. Bomba Barsha MK4C FAQ. ,
- TEOH, S.K., WONG, S.Y., LIM, C.H., LEONG, S.S. y KHOO, S.W., 2022. Investigation of design parameters on self-floating water wheel for micro-hydropower generation. *International Journal of Green Energy* [en línea], vol. 19, no. 9, pp. 931-940. ISSN 1543-5075. DOI 10.1080/15435075.2021.1975123. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15435075.2021.1975123>.
- TODOROV, G., KAMBEROV, K. y SEMKOV, M., 2021. Improvement of undershot water wheel performance through virtual prototyping. *AIP Conference*

- Proceedings*, vol. 2333, no. March. ISSN 15517616. DOI 10.1063/5.0043502.
- TRIBUNAL DE CUENTAS EUROPEO, 2018. Especial Energía renovable para un desarrollo rural sostenible: posibles sinergias significativas, pero en su mayoría no materializadas en la práctica. ,
- VINOLAS, J., 2013. Capítulo 7 diseño de árboles 7.1. *Diseño de maquinas*, pp. 1-53.
- ZAMBRANO, J.C.I., MICHAVILA, J., PINILLA, E.A., DIEHL, J.C. y ERTSEN, M.W., 2019. Water lifting water: A comprehensive spatiotemporal review on the hydro-powered water pumping technologies. *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 8. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w11081677.
- ZAMBRANO, J.C.I., VAN DIJK, R., MICHAVILA, J., PINILLA, E.A., DIEHL, J.C. y ERTSEN, M.W., 2020. Co-creation of affordable and clean pumped irrigation for smallholders: Lessons from Nepal and Malawi. *Water Science and Technology: Water Supply*, vol. 20, no. 4, pp. 1368-1379. ISSN 16070798. DOI 10.2166/ws.2020.052.

ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de las variables.

Tabla 7: Operacionalización de la variable máquina hidropulsora.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Máquina hidropulsora	Conocidas como ruedas hidráulicas de gravedad impulsadas por la energía cinética del agua que ejercen presión sobre las palas de la rueda, siendo estas semisumergidas en el fluido tomando así porciones de agua en cada revolución a través de una manguera enrollada. Gracias al poco mantenimiento que requieren se consideran como una de las mejores alternativas renovables. (Zambrano et al. 2019)	Mediante la técnica de observación en campo se dimensionó la variable, y considerando los aportes de (Zambrano et al., 2019) se evaluaron los parámetros de diseño a través de una guía de observación de los sistemas de riego empleados en la agricultura.	Tecnología de bombeo	Función	Nominal
				Energía	
				Velocidad	Intervalo
				Dimensión	Razón
			Estructura	Peso	
				Costo	Intervalo
			Seguridad	Ordinal	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Operacionalización de la variable riego en la pequeña agricultura.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Riego en la pequeña agricultura	El riego en la agricultura es un factor muy importante para el desarrollo de la producción, y a partir de la implementación de un sistema de riego por bombeo con energías renovables, beneficiará considerablemente al agricultor en aquellos terrenos que no es posible el riego por gravedad (Zambrano et al., 2020)	Para el estudio de la variable se observó los sistemas de riego empleados en campo y los problemas ambientales que estos generan, evaluando la producción y los beneficios a partir del método de riego (Zambrano et al., 2020).	Sistema de riego Problemas ambientales	Producción Beneficios Contaminación	Nominal

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Instrumentos de recolección de datos.

Instrumento 1: Guía de observación.

El presente instrumento tiene como propósito evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la agricultura mediante la rúbrica de calificación en función de los criterios previstos en campo y considerados para la evaluación.

GUÍA DE OBSERVACIÓN		
Investigadores		
Lugar		
Objetivo		
Fecha		
Criterios	Descripción para evaluación	Proporción (%)
Criterio 1		
Criterio 2		
Criterio 3		
Criterio 4		
Criterio 5		

Rúbrica de calificación	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
	5	4	3	2	1

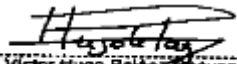
Cuadro de calificación de máquinas hidropulsoras					
Alternativas	Criterios de evaluación				
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Máquina 1					
Máquina 2					
Máquina 3					


Instrumento 2: Ficha de registro.


Mediante la ficha de registro se evaluaron los parámetros de diseño para la implementación de una máquina hidropulsora según la necesidad del agricultor para el riego en la pequeña agricultura.

FICHA DE REGISTRO		
Investigadores		
Lugar		
Motivo		
Fecha		
Dimensiones	Indicadores	Consideraciones de diseño
Dimensión 1	Indicador 1	
	Indicador 2	
Dimensión 2	Indicador 3	
	Indicador 4	
	Indicador 5	
	Indicador 6	
	Indicador 7	

Ficha de validación de instrumentos.

Nombre del instrumento	Guía de observación
Objetivo del instrumento	Evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura.
Apellidos y nombres del experto	Peláez Chávez Víctor Hugo
Documento de identificación	47026994
Tiempo de experiencia profesional	5 años
Grado académico	Máster en Ciencias e Ingeniería de Materiales
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Docente universitario
Número de teléfono	951603668
Firma y sello	 Víctor Hugo Peláez Chávez ING. MECÁNICO R. CIP. N° 197130
Fecha de validación	10 de octubre de 2022




Nombre del instrumento	Ficha de registro
Objetivo del instrumento	Evaluar parámetros de diseño de una máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura.
Apellidos y nombres del experto	Del Águila Castillo Fernando Alberto
Documento de identificación	40760354
Tiempo de experiencia profesional	10 años
Grado académico	Ingeniero Estadístico
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Docente
Número de teléfono	949319388
Firma y sello	 Fernando Alberto Del Águila Castillo INGENIERO ESTADÍSTICO COESP 733
Fecha de validación	27 de octubre de 2022

Nombre del instrumento	Guía de observación
Objetivo del instrumento	Evaluar alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura.
Apellidos y nombres del experto	Haro Castillo Albert Jhon
Documento de identificación	46430091
Tiempo de experiencia profesional	7 años
Grado académico	Ingeniero Mecánico
Nacionalidad	Peruano
Institución de estudios	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Docente
Número de teléfono	997859605
Firma y sello	 Albert Jhon Haro Castillo ING. MECÁNICO R. CIP N° 148544
Fecha de validación	10 de octubre de 2022

Importante. Se consideró solo 3 fichas de validación como referencia ya que serán los mismos expertos para la validación del otro instrumento.

ANEXO 3: Análisis complementarios.

Tabla 9: Evaluación de bombas manométricas, tecnologías (HPP).

Tecnologías de bombeo hidroeléctrico HPP			
Características de evaluación	Bombas manométricas		
	Bomba espiral	Bomba bobina	Bomba helicoidal
Impulsión	 Tubería de flujo vertical.	 Tubería de flujo horizontal.	 Tubería de flujo axial.
Accionamiento	Ruedas hidráulicas.	Paletas radiales.	Hélices axiales.
Estructura	Puede ser fija o flotante, adaptable para pocas y grandes profundidades.	Suelen ser flotantes y requieren grandes profundidades.	Estructura flotante y requieren grandes profundidades.
Desempeño	A mayor relación de sumersión mayor caudal de descarga.	Debido a las bajas velocidades desarrolla poco caudal.	Depende de la fuerza del agua para su accionamiento.
Operación	Se adapta a bajas y altas velocidades.	Necesita de grandes caudales y bajas velocidades.	Requiere de grandes caudales y bajas velocidades.

Interpretación

De la revisión de literatura, se estudió la clase de bombas manométricas pertenecientes a las tecnologías de bombeo hidroeléctrico HPP según (Zambrano et al., 2019). Por lo tanto, con la información de cada modelo detallada en la tabla para el análisis comparativo y discusión, la bomba espiral presentó mejores características de desempeño y operación en función de su estructura, es por el cual se consideró este modelo de bomba para la evaluación de las alternativas de máquinas hidropulsoras para riego en la pequeña agricultura.

Tabla 10: Características de máquinas hidropropulsoras según catálogo.

Características y desempeño de máquinas hidropropulsoras

Motobomba 1 hp - 25 cc



Altura máxima de bombeo	Presión de bombeo	Caudal de bombeo
35 m	3.5 bar	7.2 m ³ /h

Su funcionamiento es limitado debido a la disponibilidad y costo del combustible para su funcionamiento y su autonomía a máxima descarga es de 1 hora. Requieren de mantenimiento costoso y especializado además de generar gases contaminantes.

Bomba espiral



Altura máxima de bombeo	Presión de bombeo	Caudal de bombeo
20 m	1.5 bar	1.7 m ³ /h

Es un sistema de riego limpio para la agricultura sin emplear combustible o energía eléctrica, son impulsadas por la energía cinética del agua y fáciles de diseñar, además requieren de muy poco mantenimiento y con una disponibilidad de las 24 horas al día.

Electrobomba 1.5 hp



Altura máxima de bombeo	Consumo de corriente eléctrica	Caudal de bombeo
31 m	9A	3 m ³ /h

Utilizadas solo en lugares con disponibilidad de energía eléctrica, su funcionamiento es limitado debido a las pérdidas por calor y deficiencias de la energía, además necesitan de mantenimiento adecuado y costoso.

Interpretación

A partir de la bomba espiral como modelo de evaluación, según el catálogo (Técnica y Sac, 2018) se registró las características y el máximo desempeño de la máquina, en base a ello se evaluó la electrobomba centrífuga con similar desempeño que la bomba espiral cuyo modelo es CPm160C según (Prestaciones e Instalaciones, 2020) considerando el tipo y nivel de energía eléctrica en el sector, y de igual manera se optó por el modelo de motobomba WX10D según (Catálogo Honda, 2022). Con estos datos se determinó la implementación de una máquina hidropulsora mediante una matriz de selección por criterios de evaluación.

Tabla 11: Evaluación de parámetros de diseño mediante la ficha de registro.

Dimensiones	Indicadores	Consideraciones de diseño
Tecnología de bombeo	Función	Satisfacer las necesidades de la demanda de agua a partir del sistema de riego empleado.
	Energía	Mediante el uso de energías renovables para lograr el funcionamiento continuo de la máquina.
Estructura	Velocidad	En función al tipo de energía renovable lograr el máximo rendimiento de la máquina.
	Dimensión	Según las recomendaciones del fabricante y condiciones evaluadas en el lugar.
	Peso	La máquina debe ser compacta para su fácil traslado y montaje.
	Costo	Con el uso de energías renovables la máquina no debe generar gastos por funcionamiento.
	Seguridad	Contar con protección para una eventual manipulación durante su funcionamiento.

Interpretación

Con la técnica de observación según (Checa, 2022) se evaluaron los parámetros de diseño a partir de las condiciones del lugar y necesidades para el abastecimiento de agua registrando los valores reales en el instrumento, además de la revisión de literatura se asumieron los datos faltantes en base a otros modelos ya establecidos.

Tabla 12: Datos técnicos de motobomba empleada para riego de maíz.

Motobomba 5.5 hp		
Altura máxima de bombeo	Diámetro de succión y descarga	Caudal de bombeo entregado
23 m	3 pulgadas	18 l/s



Para el riego de maíz por gravedad en un terreno de cultivo de 2163 m² el agricultor emplea la motobomba normalmente 40 minutos de funcionamiento a su máximo rendimiento.

Interpretación

Considerando como muestra de estudio el cultivo de maíz en el terreno del señor Silva Alva Walter Andrés, ubicado en el sector El Dique No. 1 según la comisión de usuarios de Sausal en la **Figura 4**, se identificó que el método de riego utilizado es por gravedad mediante el uso de la motobomba con los datos técnicos detallados en esta tabla, estimando así el consumo total de agua por día en m³ durante el tiempo empleado para el riego de la plantación, además en base a la experiencia del agricultor el riego para el cultivo de maíz se realiza una vez por semana ya que este tipo de plantación no requiere de mucha humedad, por lo tanto se estableció este volumen total de agua consumida por día como requerimiento fundamental para el cálculo de diseño de la máquina hidropulsora.

Tabla 13: Resumen de caudales en la cuenca Chicama, estación Salinar.


Caudales del río Chicama según las estaciones del año						
Mes	Estación	Caudales para los meses del año 2022 (m ³ /s)				
		Promedio 24hrs.	Normal diario	Anomalía (%)	Caudal mínimo	Caudal máximo
Enero	Verano	7.80	14.40	-46	7.30	8.30
Junio	Otoño	11.17	11.87	-6	11.17	11.17
Agosto	Invierno	3.86	5.03	-23	3.86	3.86
Septiembre	Primavera	2.80	3.84	-27	2.79	2.81

Fuente. Reporte hidrológico Senamhi

Interpretación

A partir de los reportes hidrológicos generados por (Senamhi, 2022) en la cuenca Chicama, se evaluaron los caudales en el sector Salinar punto de monitoreo para su medición tomando como muestra de estudio un caudal promedio para cada estación del año según los meses establecidos en la presente tabla, luego de analizar y comparar los caudales elegidos, se seleccionó el menor caudal como dato para el cálculo del diseño considerando que a mayor caudal aumentará el rendimiento de la máquina.

Figura 4: Padrón de la comisión de usuario de Sausal.



Página: 2
Fecha: 25/03/19
Hora: 12:19:19

REPORTE DE PREDIOS POR ORDEN ALFABETICO

Campaña: 2018 - 2019.1
C.R.: COMISION DE USUARIOS SAUSAL

No.	ID	Numero	IDENTIDAD		DATOS DEL PREDIO							
			Apellidos y Nombres	Nombre	M.Cans.	Orden	Há. TOTAL	Bajo Riego	Licencia	Permiso	Filtración	BLOQUE RIEGO
5000088	27140497		CABOS URIOL JOSE NAZARIO	LA RIBERA	07339	39	0.1622	0.1622	0.0000	0.1622	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
6000089	27150575		CABOS URIOL SANTOS GUIMARO	LA RIBERA	07304	38	0.2134	0.2134	0.0000	0.2134	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
7000193	2013161020		CASA GRANDE S.A.A.	SAUSAL GRANDE	07999	41	35.7430	35.7430	35.7430	0.0000	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
8000192	20131623020		CASA GRANDE S.J.A.	SAUSAL GRANDE	07998	40	59.5145	59.5145	56.2100	3.3045	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
9000137	16893441		CHICLAYO MEDINA FELIPE	LA ESPERANZA	07336	35	0.7009	0.7009	0.0000	0.7009	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
10000212	168932270		FLORES MOSTACERO JACOB JONATAN	EL ESPINO	07351	30	1.1397	1.1397	0.0000	1.1397	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
11000223	27160811		FUENTES CRUZ LEANDRO	EL HUASO	07338	36	0.2914	0.2914	0.0000	0.2914	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
12000299	168987049		LEON MEDINA JORGE NESTOR	S/N	07342	31	0.8573	0.8573	0.0000	0.8573	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
13000454	27150015		SILVA ALVA WALTER ANDRES	EL DIQUE No 1	07337	37	0.2163	0.2163	0.0000	0.2163	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
14000434	110020500296		SUCESION DE SAAVEDRA YEPEZ	S/N	07341	32	2.2484	2.2484	0.0000	2.2484	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
15000670	00000006		USUARIOS VARIOS CODIGO 005	HUNBALITO	05 H	0	7.9051	7.9051	0.0000	7.9051	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
Sub Total por Canal:							114.3685	114.3685	91.9530	22.4155	0.0000	
CD PAMPAS DE JAGUEY [01.03]							CAPITAL					
1000007	16893023		AGUILAR PALACIOS NESTOR ALPONSO	SAUSAL GRANDE	07282	52	13.0600	13.0600	0.0000	13.0600	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
2000039	27160257		AMAYA CEDRON GRACIANO	SAUSAL GRANDE	07289	46	0.9500	0.9500	0.0000	0.9500	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
3000045	27160152		AMAYA URIOL AURELIO	SAUSAL GRANDE	07293	45	0.8800	0.8800	0.0000	0.8800	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
4000046	17941509		ANGULO TORRES ANTOLIN ESTEBAN	SAUSAL GRANDE	07286	48	3.1653	3.1653	0.0000	3.1653	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
5000097	16892080		CAMACHO MUÑOZ VICTOR ERNESTO	SAUSAL GRANDE	07288	44	3.7000	3.7000	0.0000	3.7000	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
6000170	16892080		CARRION VDA DE DIAZ HERMINIA	SAUSAL GRANDE	07283	51	3.0500	3.0500	0.0000	3.0500	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
7000191	20131623020		CASA GRANDE S.A.A.	SAUSAL GRANDE	07994	56	4.7153	4.7153	0.0000	4.7153	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
8000190	20131623020		CASA GRANDE S.A.A.	SAUSAL GRANDE	07995	57	1.5187	1.5187	0.0000	1.5187	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
9000194	20131623020		CASA GRANDE S.A.A.	SAUSAL GRANDE	07996	43	134.9551	134.9551	100.9600	33.9951	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
10000195	20131623020		CASA GRANDE S.A.A.	SAUSAL GRANDE	07997	42	146.8856	146.8856	100.8900	45.9956	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
11000249	27150617		COTRINA TERRONES MELANIA	SAUSAL GRANDE	07284	50	4.3200	4.3200	0.0000	4.3200	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
12000163	27144181		DIAZ LEZAMA MANUEL MARCELINO	SAUSAL GRANDE	07285	49	4.6000	4.6000	0.0000	4.6000	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
13000252	27150733		GUIBERT GALLARDO CARLOS EDUARDO	SAUSAL GRANDE	07287	47	1.5800	1.5800	0.0000	1.5800	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
14000678	42232465		LEON PLASENCIA FRANCO YSRAEL	SAUSAL GRANDE	31053	0	2.9669	2.9669	0.0000	2.9669	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
15000071	16668975		LOPEZ ALCANTARA YDELSA	SAUSAL GRANDE	07231	112	1.3200	1.3200	0.0000	1.3200	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
16000481	110020500333		SUCESION DE CDAGUIRI NAKAMURA	SAUSAL GRANDE	07278	55	7.3100	7.3100	0.0000	7.3100	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
17000544	17974152		VIDAL OLIVER IRMA	SAUSAL GRANDE	07277	58	0.3200	0.3200	0.0000	0.3200	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
18000545	17974152		VIDAL OLIVER IRMA	SAUSAL GRANDE	07281	54	6.6900	6.6900	0.0000	6.6900	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
19000546	17974152		VIDAL OLIVER IRMA	SAUSAL GRANDE	07305	53	0.1700	0.1700	0.0000	0.1700	0.0000	PAMPAS DE JAGUEY
Sub Total por Canal:							342.1569	342.1569	201.8500	140.3069	0.0000	

Figura 5: Mapa de caudales del río Chicama.

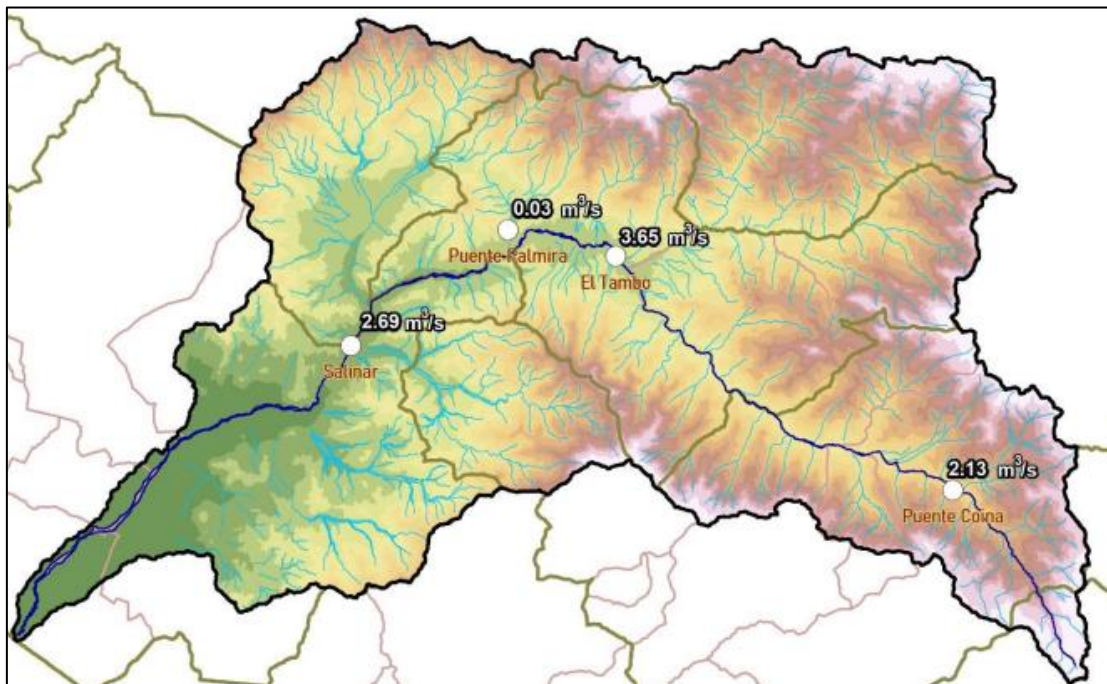


Figura 6: Vista fotográfica del río Chicama en Salinar.



ANEXO 4: Diseño paramétrico.

Se obtuvo los resultados a partir de la simulación en el software, además se consideró las teorías de diseño para elementos de máquinas según el libro (L. Mott, 2004) como revisión de literatura complementaria para el cálculo analítico.

Cálculo de eje.

Plano YZ: Considerando los datos obtenidos de la simulación:

$$T = 0.0126805 \text{ N.m}$$
$$P_1 = \frac{T}{r} = \frac{0.0126805}{0.5} = 0.025 \text{ N}$$
$$M_1 = 4832 \text{ N.m}$$

Figura 7: Diagrama de cuerpo libre del eje, plano yz.

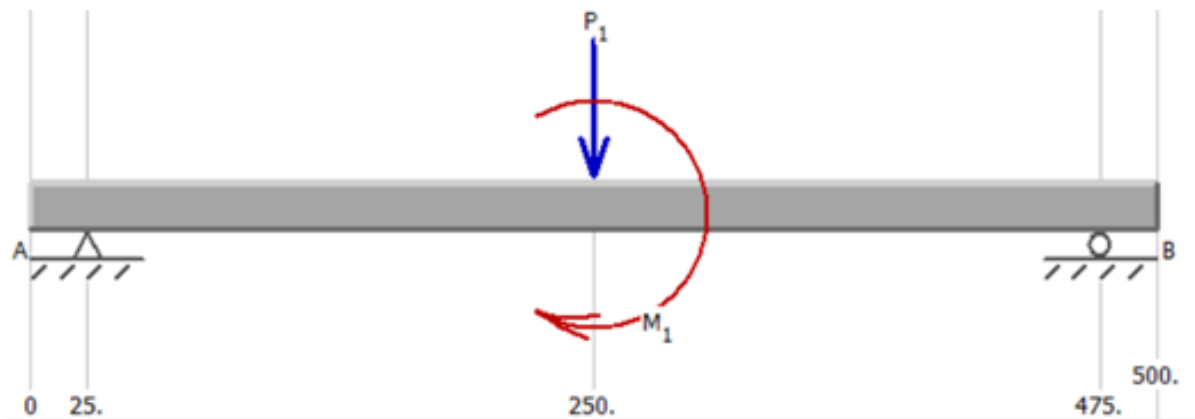


Figura 8: Diagrama de fuerzas cortantes, plano yz.

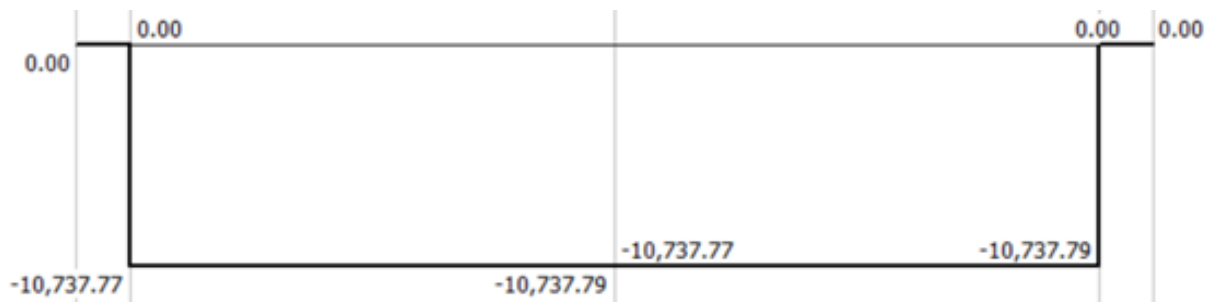


Figura 9: Diagrama de momentos flectores, plano yz.



De los cálculos tenemos que:

$$R_1 = R_2 = 10.7 \text{ KN}$$

$$V_{max} = 10.7 \text{ KN}$$

$$M_{max} = 2416 \text{ N.m}$$

Plano XZ: Considerando los datos obtenidos de la simulación.

$$T = 0.0126805 \text{ N.m}$$

$$P_1 = \frac{T}{r} = \frac{0.0126805}{0.5} = 0.025 \text{ N}$$

$$M_1 = 3466 \text{ N.m}$$

Figura 10: Diagrama de cuerpo libre del eje, plano xz.

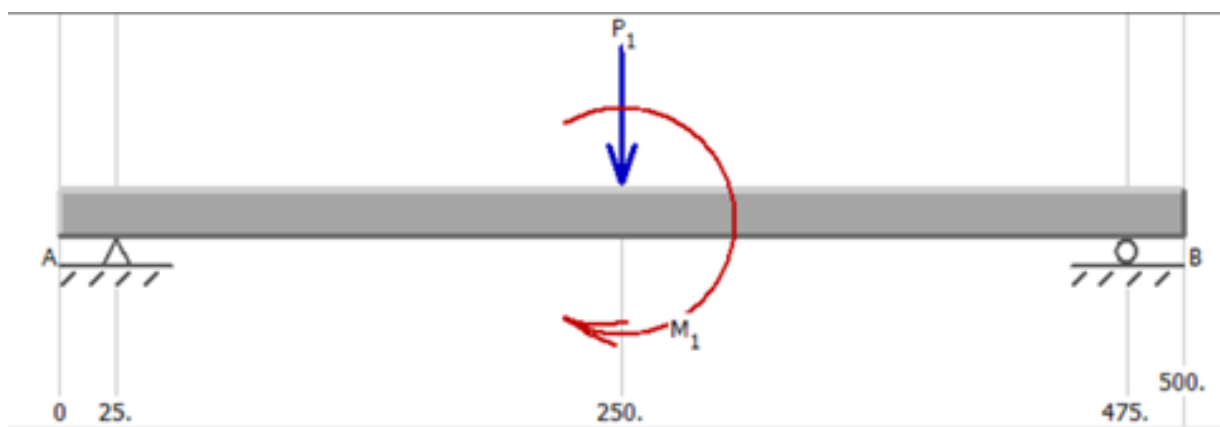


Figura 11: Diagrama de fuerzas cortantes, plano xz.

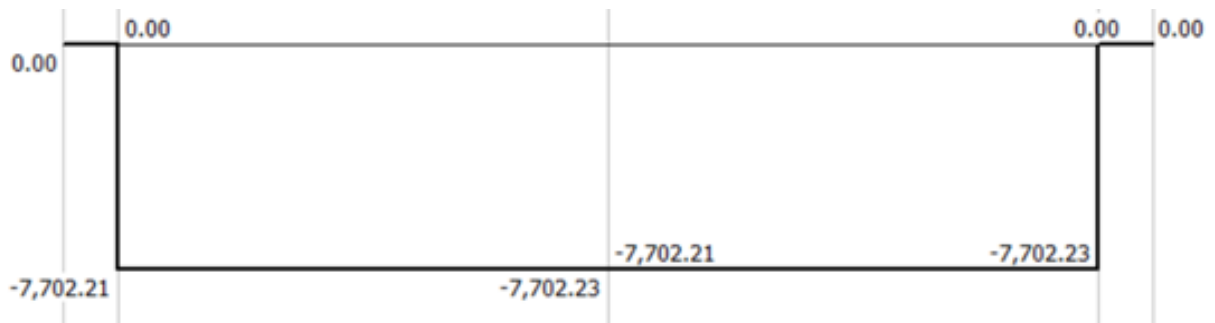
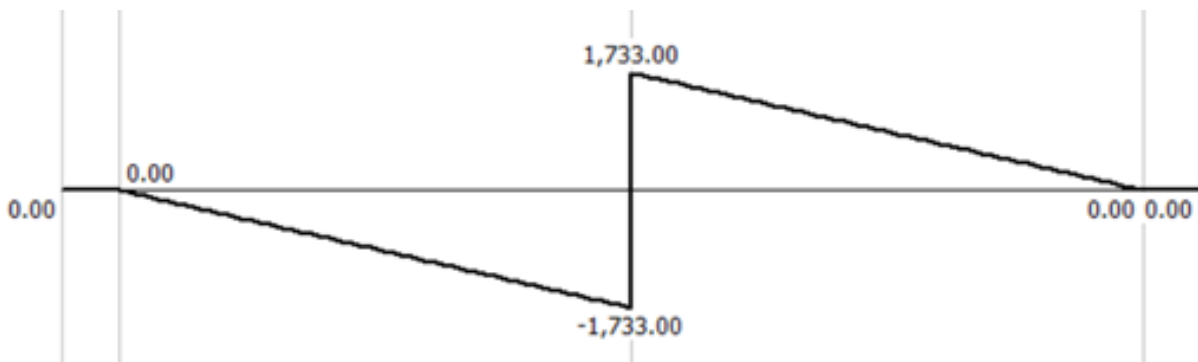


Figura 12: Diagrama de momentos flectores, plano xz.



De los cálculos tenemos que:

$$R_1 = R_2 = 7.7 \text{ KN}$$

$$V_{max} = 7.7 \text{ KN}$$

$$M_{max} = 1733 \text{ N.m}$$

Analizando los valores resultantes del momento.

$$M_R = \sqrt{M_{yz}^2 + M_{xz}^2}$$

$$M_R = \sqrt{3466^2 + 1733^2}$$

$$M_R = 3875.11 \text{ N.m}$$

Ahora se calculará los esfuerzos máximos.

$$\sigma_{max} = \frac{16M}{\pi d^3}$$
$$\sigma_{max} = \frac{16 * 3875.11}{\pi d^3}$$
$$\sigma_{max} = \frac{19735.727}{d^3}$$

Finalmente utilizando un factor de seguridad de 2:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$
$$2 = \frac{310 * 10^6}{\frac{19735.727}{d^3}}$$
$$d = 50.3 \text{ mm}$$

Para determinar el diámetro del eje se revisó los aportes teóricos en el capítulo 7 del libro diseño de máquinas (Vinolas, 2013), siendo este de gran importancia para justificar los cálculos establecidos.

Simulación de la rueda.

Figura 13. Vista lateral de la carcasa de la rueda.

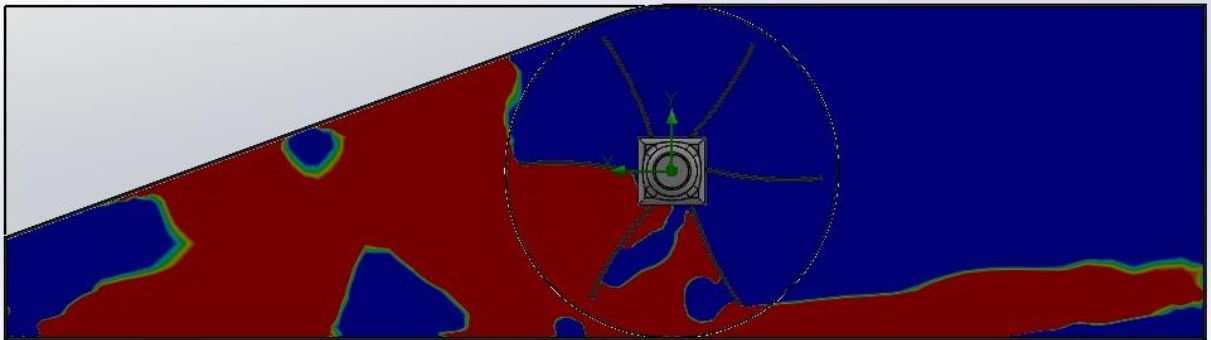
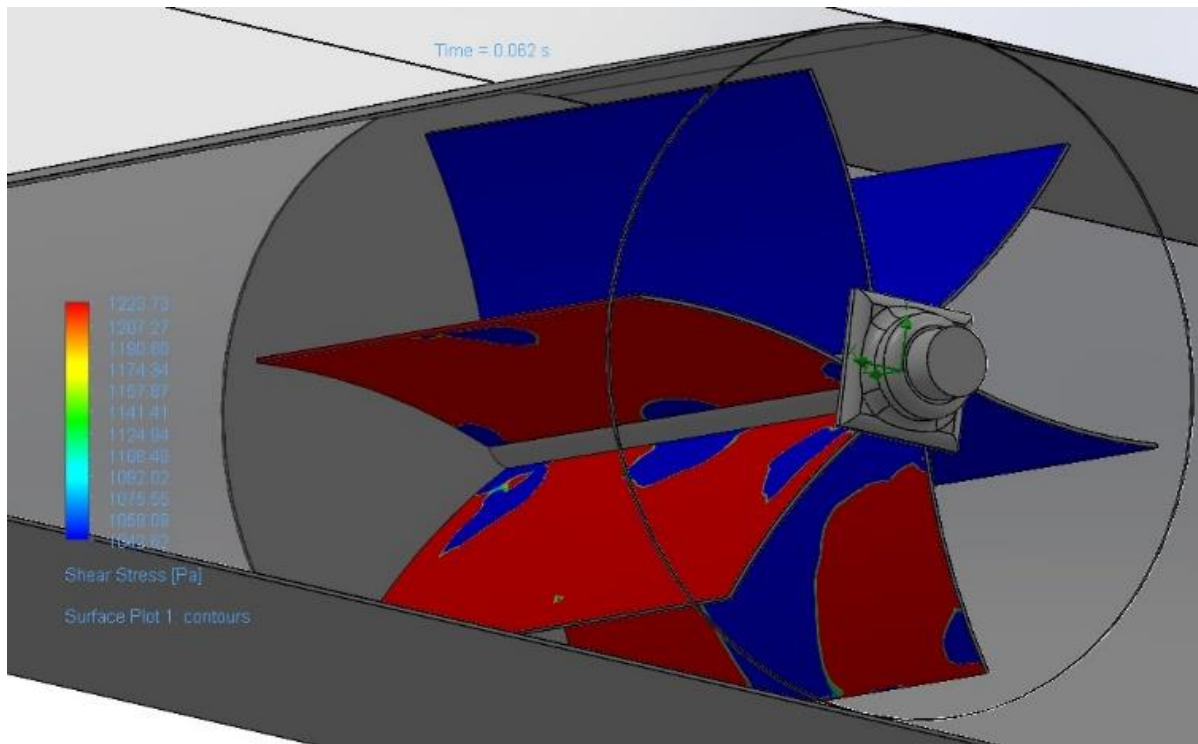


Figura 14. Vista 3D de la carcasa de la rueda.



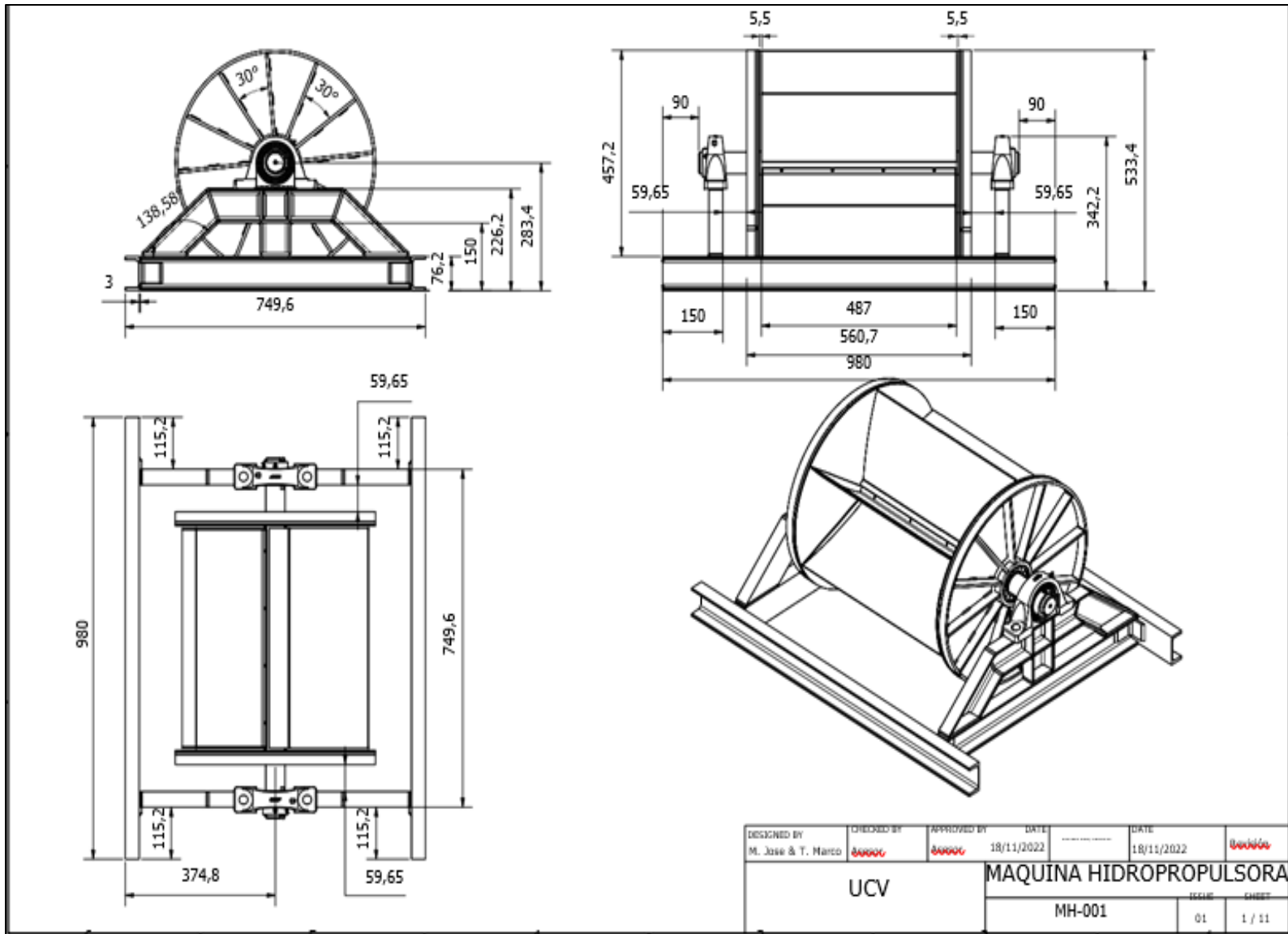
Anexo 5: Presupuesto y planos de la máquina hidropulsora.

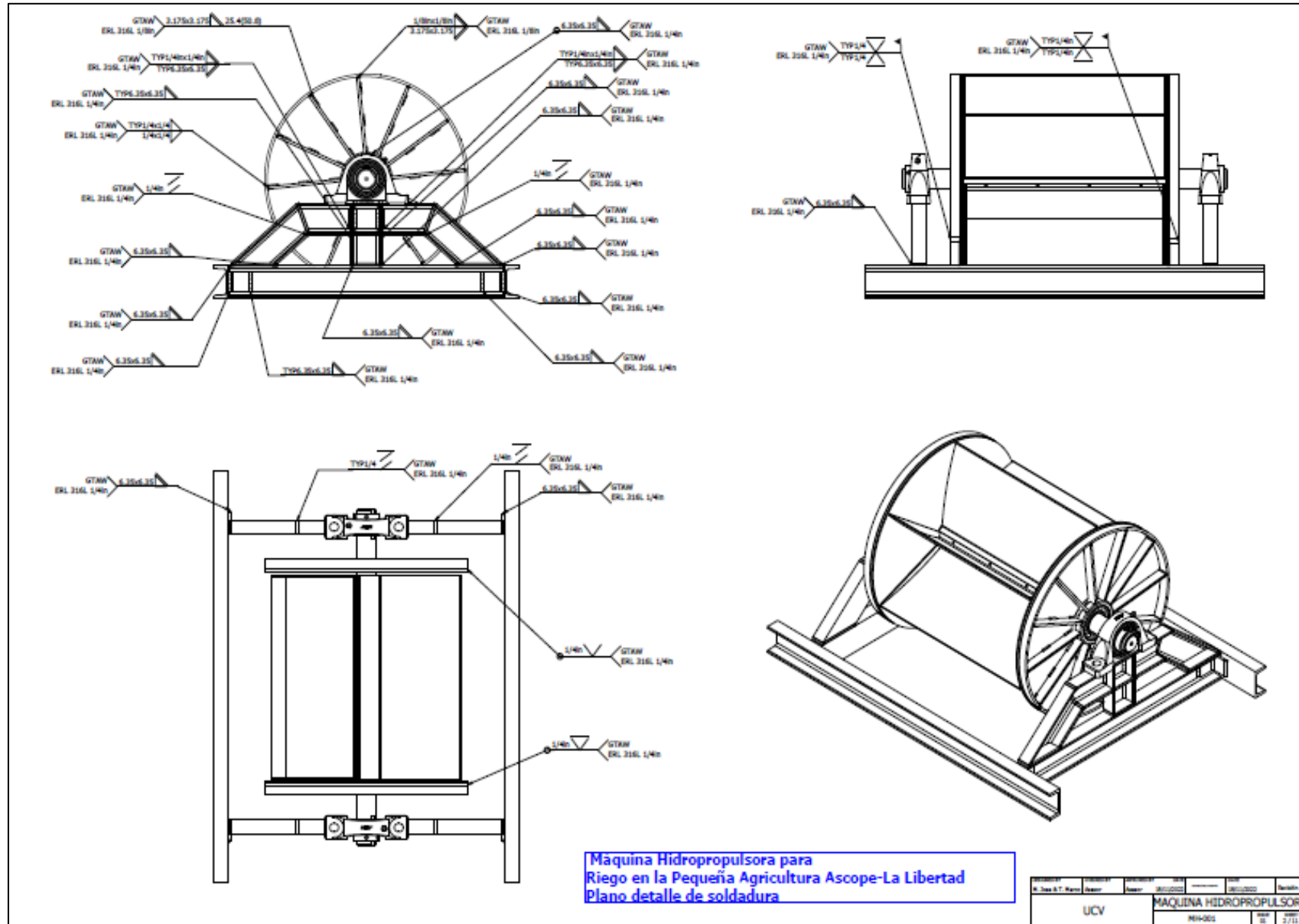
Análisis de precios unitarios del presupuesto de la máquina hidropulsora.

Análisis de precios unitarios

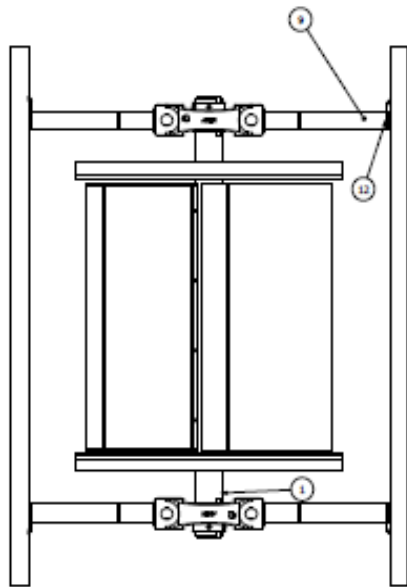
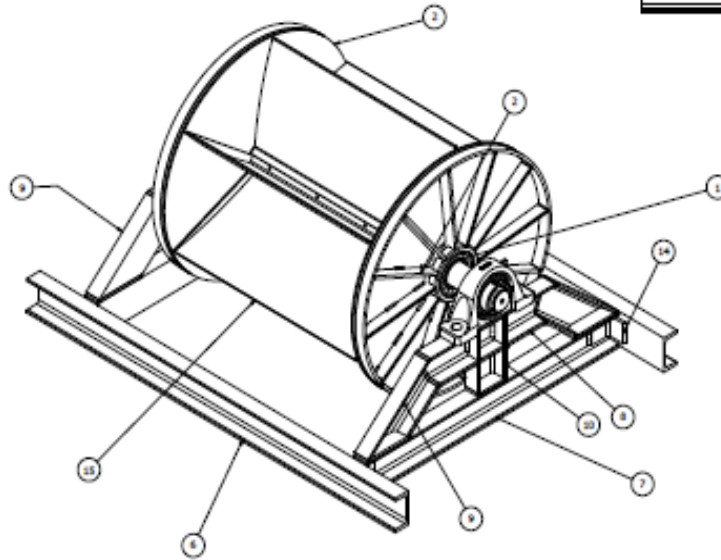
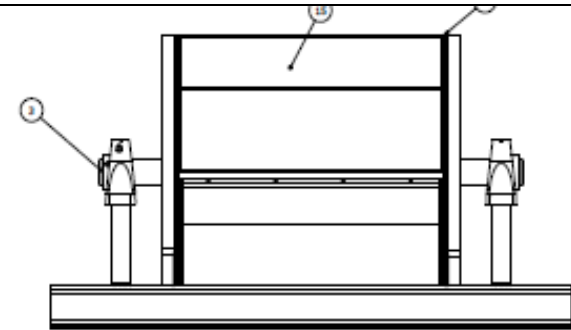
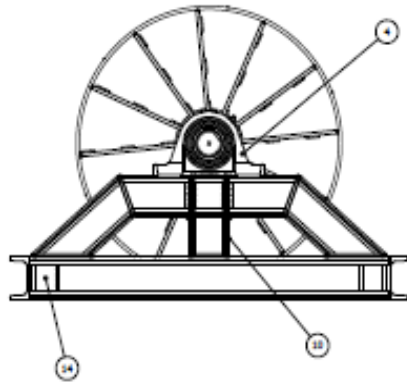
Presupuesto	1102001	MAQUINA HIDROPROPULSORA PARA RIEGO EN LA PEQUEÑA AGRICULTURA				Fecha presupuesto	01/01/2023
Subpresupuesto	001	MAQUINA HIDROPROPULSORA					
Partida	MATERIALES DE CONSTRUCCION						
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb		2,112.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Materiales							
0204060004	PERFIL DE ACERO DE 2" PARA EJE DE LA RUEDA	m		0.8000	150.00	120.00	
0204100001	CANAL U - AISK 3" x 3.5"	m		5.2000	25.00	130.00	
0204160003	PLATINA DE PRESION DE 216mm x 25mm x 1/4"	und		24.0000	30.00	720.00	
0204160004	BUJE DE UNION PLACA CIRCULAR-EJE	und		2.0000	15.00	30.00	
0204160005	PLATINA RIGIDIZADORA CIRCULAR DE 1/4"	und		2.0000	65.00	130.00	
0204160006	ARRIOSTRADOR 45mm x 45mm x 1/4"	und		4.0000	12.00	48.00	
0204180010	PLANCHA CIRCULAR DE ACERO DE 1/4"	und		2.0000	170.00	340.00	
0204180011	PALA COLECTORA DE 0.487m x 0.216m x 1/8"	und		6.0000	45.00	270.00	
0204320001	CHUMACERA SKF UPC 210	und		2.0000	120.00	240.00	
0208010002	TUBERIA POLIETILENO HDPE DE 1 PULGADA	m		12.0000	7.00	84.00	
						2.112.00	
Partida	COSTO POR FABRICACION						
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb		2,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Subcontratos							
0411100019	SC FABRICACION DE MAQUINA HIDROPROPULSORA	alb		1.0000	2.000.00	2.000.00	
						2.000.00	

Planos de máquina hidropulsora y componentes.



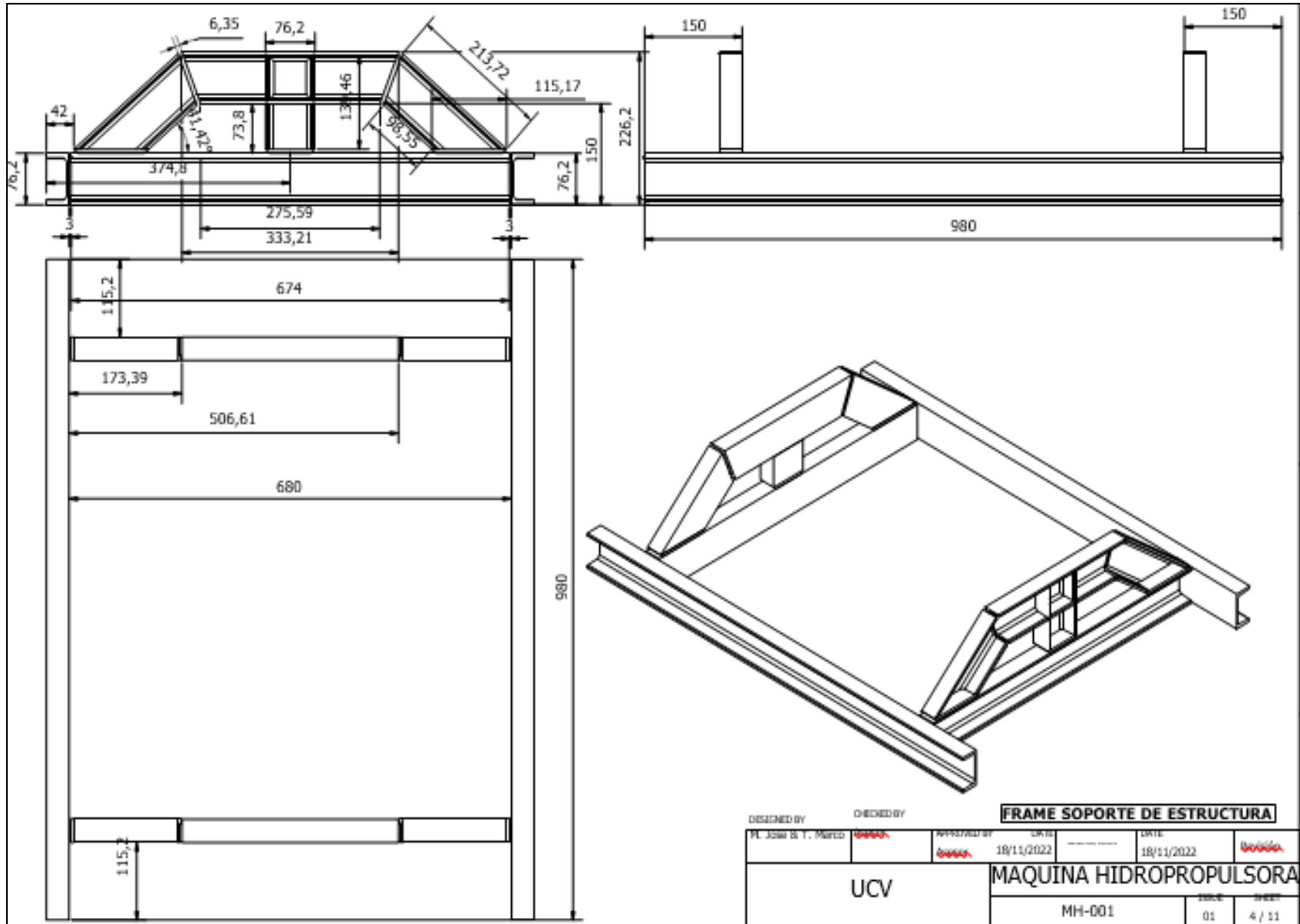


Máquina Hidropropulsora para Riego en la Pequeña Agricultura Ascope-La Libertad

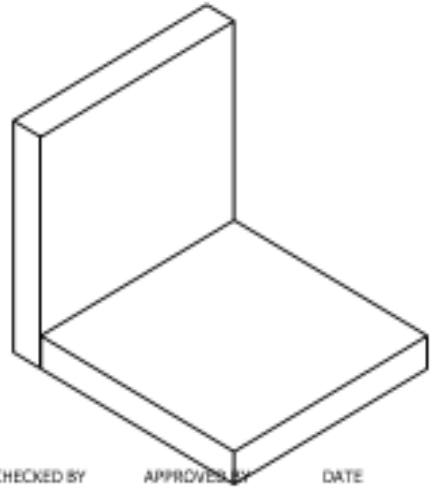
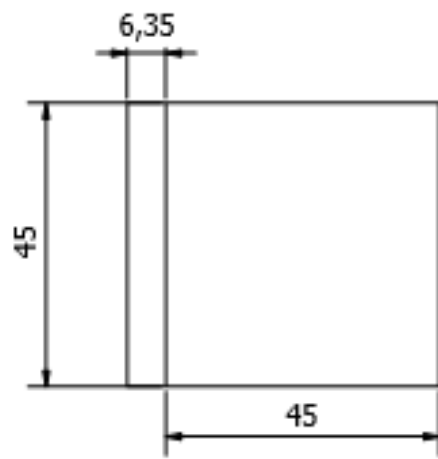
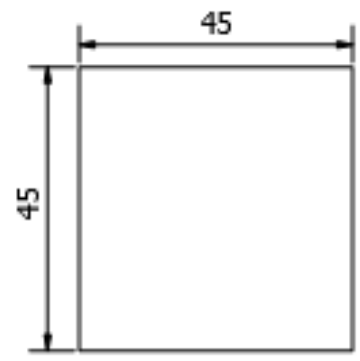
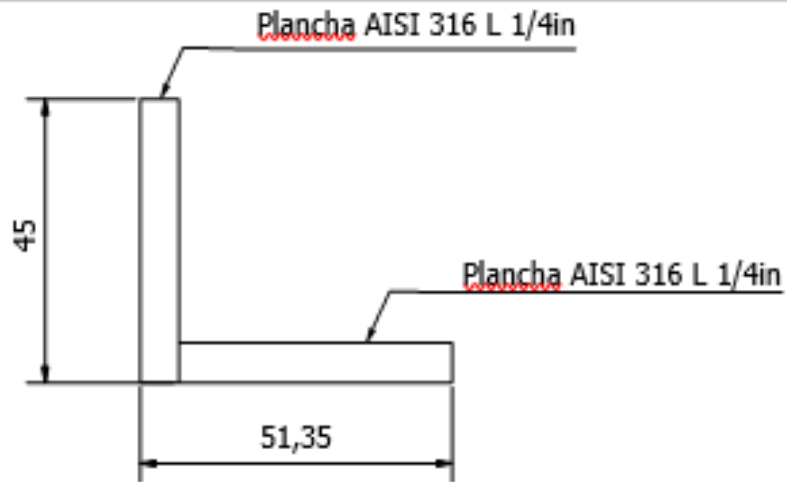


PARTS LIST					
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	MASS
1	1	Eje de Rueda hidráulica		Steel, Carbon	12.008 kg
2	2	Plancha de rueda			33.812 Dmms
3	2	SAP_UCF 210	RPF_S01_UC_101_UH-41 L_S01_101-V-bearing slammer block with		2.848 kg
4	2	SAP_2210 EXT09	S01_S01-Get-spring ball bearings		0.368 kg
5	1	CROQUIS	CROQUIS	CROQUIS	CROQUIS
6	77.165 in	AISC - C 3 x 3.5 - 28.583	U-Shape	Steel, Mild	11.941 Dmms
7	33.071 in	AISC - C 3 x 3.5 - 16.535	U-Shape	Steel, Mild	8.232 Dmms
8	26.327 in	AISC - C 3 x 3.5 - 13.119	U-Shape	Steel, Mild	3.709 Dmms
9	33.607 in	AISC - C 3 x 3.5 - 8.414	U-Shape	Steel, Mild	1.902 Dmms
10	5.491 in	AISC - C 3 x 3.5 - 5.491	U-Shape	Steel, Mild	1.300 Dmms
11	5.402 in	AISC - C 3 x 3.5 - 5.402	U-Shape	Steel, Mild	1.251 Dmms
12	4	Plate Sharp Corners (mm) 34.798 x 115.1738 x 6.35		Steel, Mild	0.200 kg
13	2	Plate Sharp Corners (mm) 34.798 x 76.2 x 6.35		Steel, Mild	0.132 kg
14	4	Amortecedor 40x40x140		Stainless Steel, Austenitic	0.206 kg
15	6	Pala colectora		Stainless Steel, Austenitic	3.133 kg

UCV	MAQUINA HIDROPROPULSOR

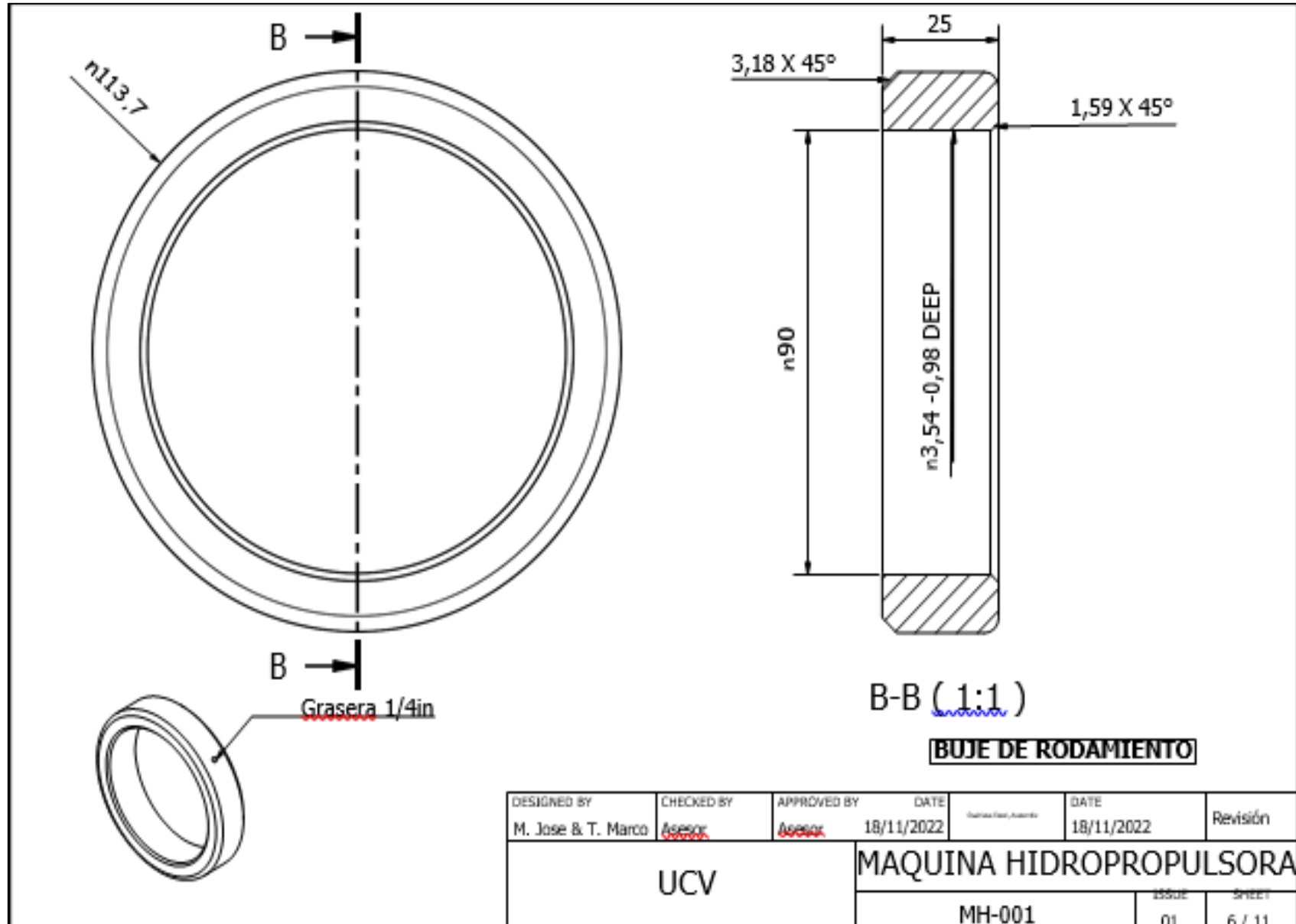


FRAME SOPORTE DE ESTRUCTURA					
DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE	DATE	DATE
PL. Juan & T. Marco			18/11/2022	18/11/2022	
UCV			MAQUINA HIDROPROPULSORA		
MH-001			01	4 / 11	

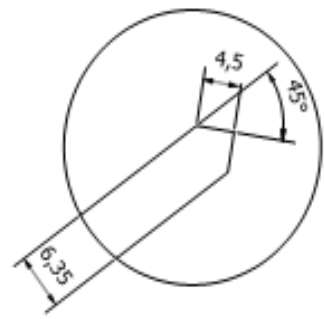
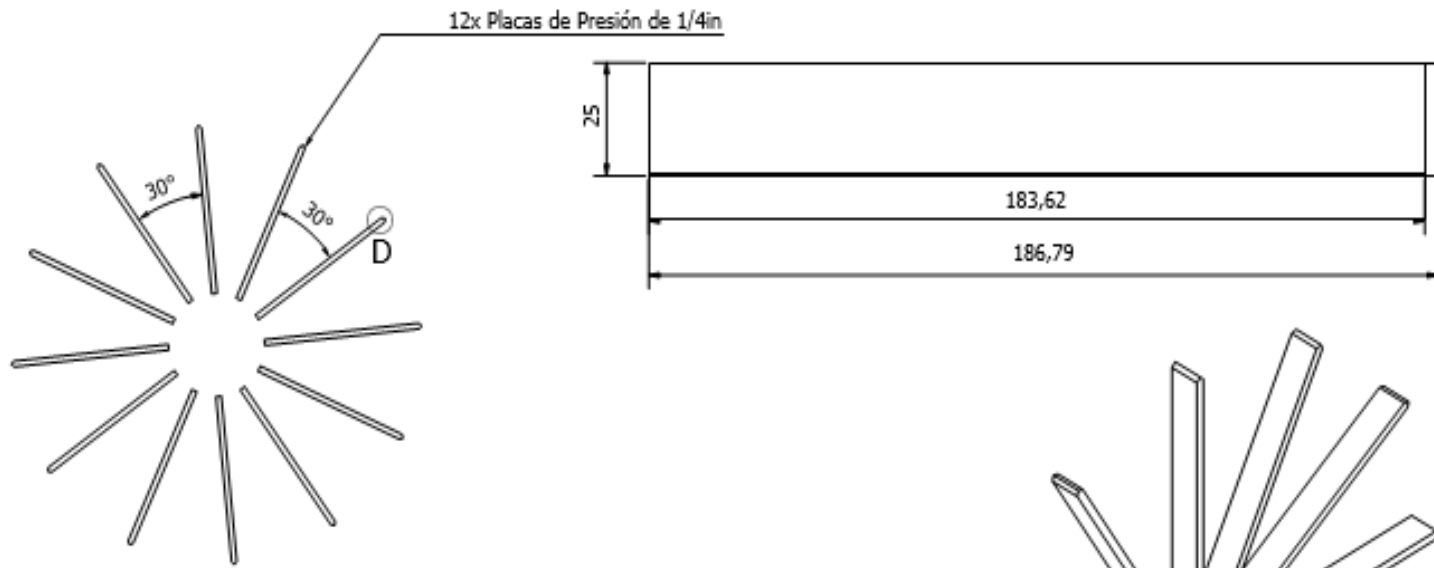


CHECKED BY: *Arceux* APPROVED BY: *Arceux* DATE: 18/11/2022 DATE: 18/11/2022

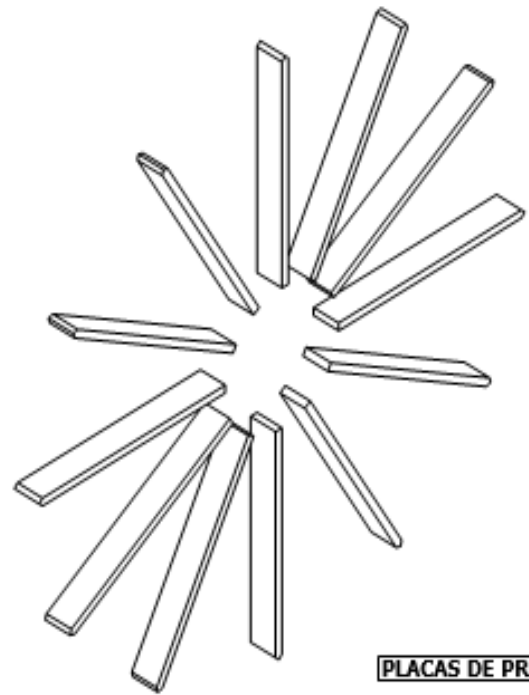
DESIGNED BY	ARRIOSTRADOR 45x45x1/4in		
M. Jose & T. Marco	<i>Arceux</i>	18/11/2022	18/11/2022
UCV		MAQUINA HIDROPROPULSORA	
		MH-001	ISSUE SHEET
			01 5 / 11



DESIGNED BY M. Jose & T. Marco	CHECKED BY <i>Aseor</i>	APPROVED BY <i>Aseor</i>	DATE 18/11/2022	DATE 18/11/2022	Revisión
UCV		MAQUINA HIDROPROPULSORA			
		MH-001	ISSUE 01	SHEET 6 / 11	

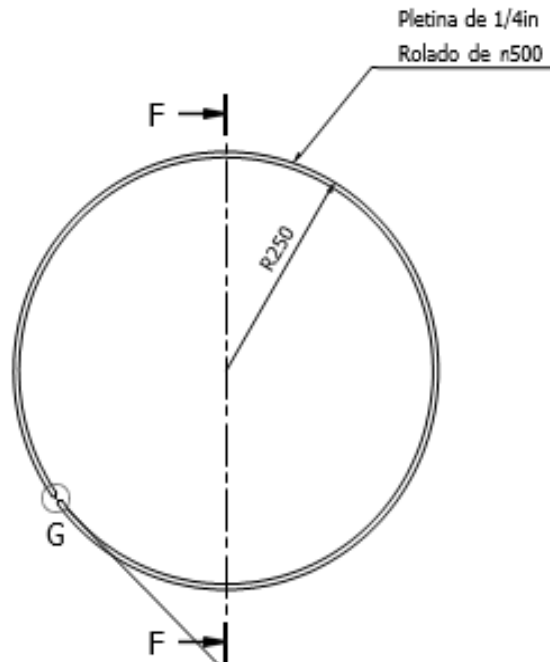


D (2:1)

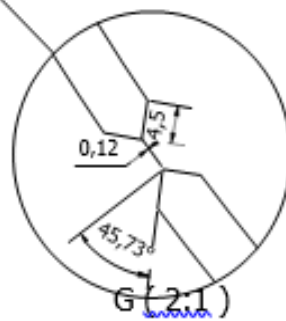
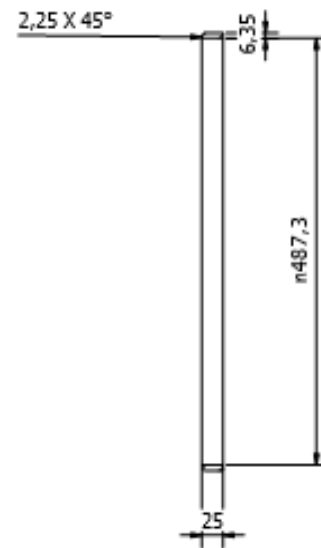


PLACAS DE PRESION

DESIGNED BY M. Jose & T. Marco	CHECKED BY SANGOL	APPROVED BY SANGOL	DATE 18/11/2022	DATE 18/11/2022	Revisión
UCV			MAQUINA HIDROPROPULSORA		
			MH-001	01	7 / 11

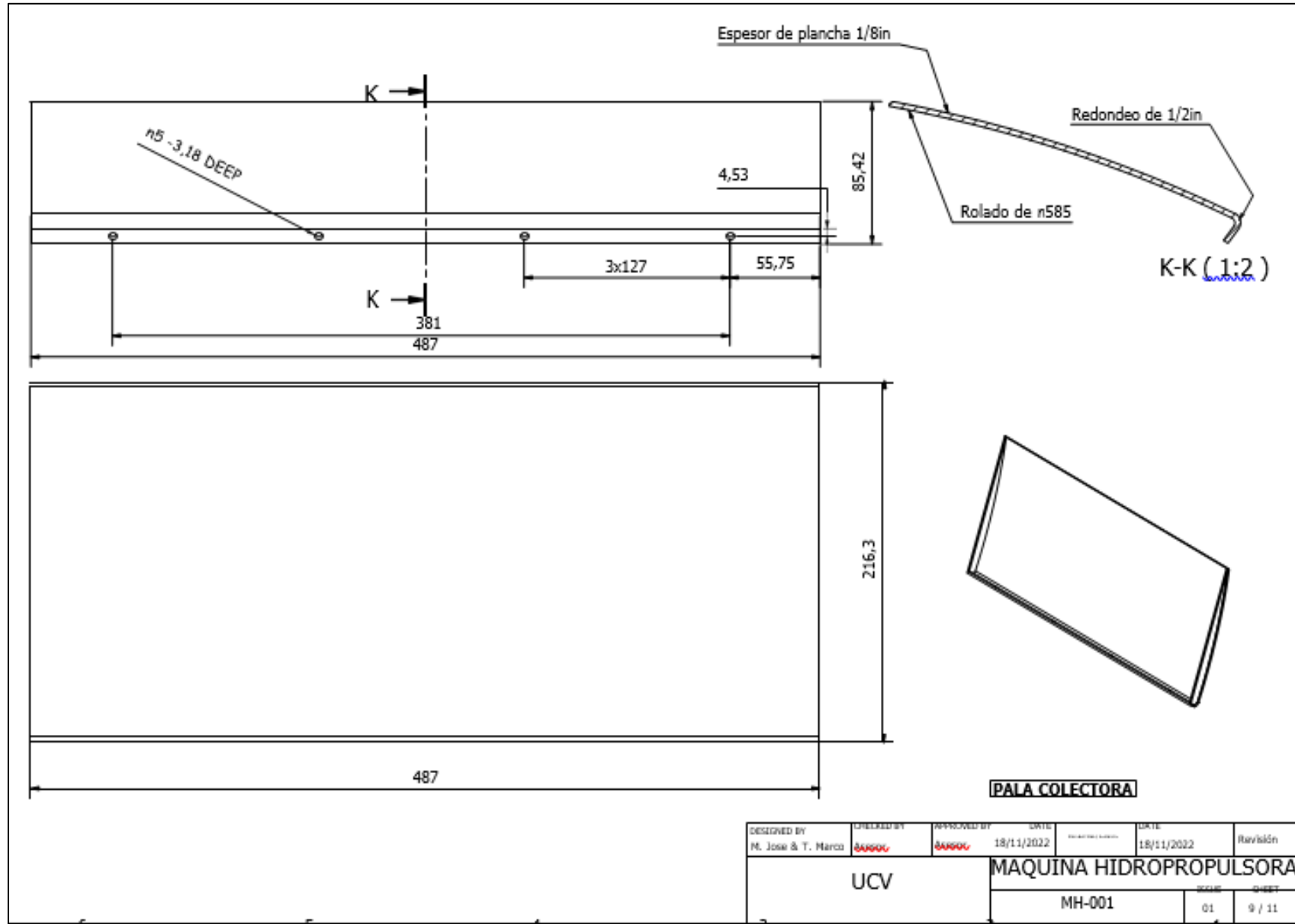


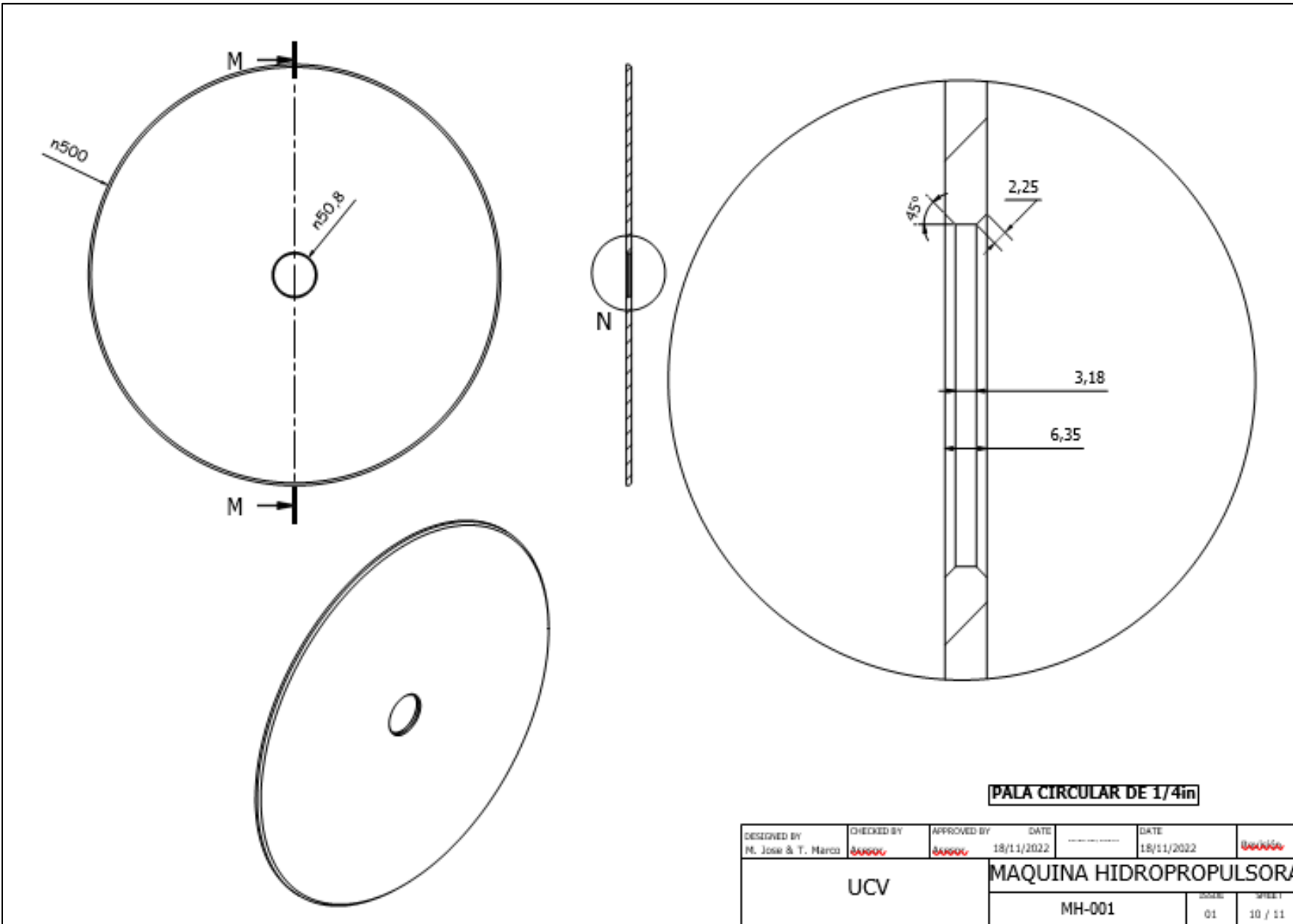
F-F (1:5)



PLETINA RIGIDIZADORA CIRCULAR

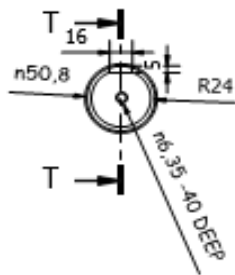
DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE	DATE	Revisión
M. José & T. Marco	SARGOL	SARGOL	18/11/2022	18/11/2022	
UCV			MAQUINA HIDROPROPULSORA		
			MH-001	01	8 / 11





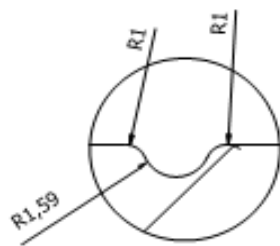
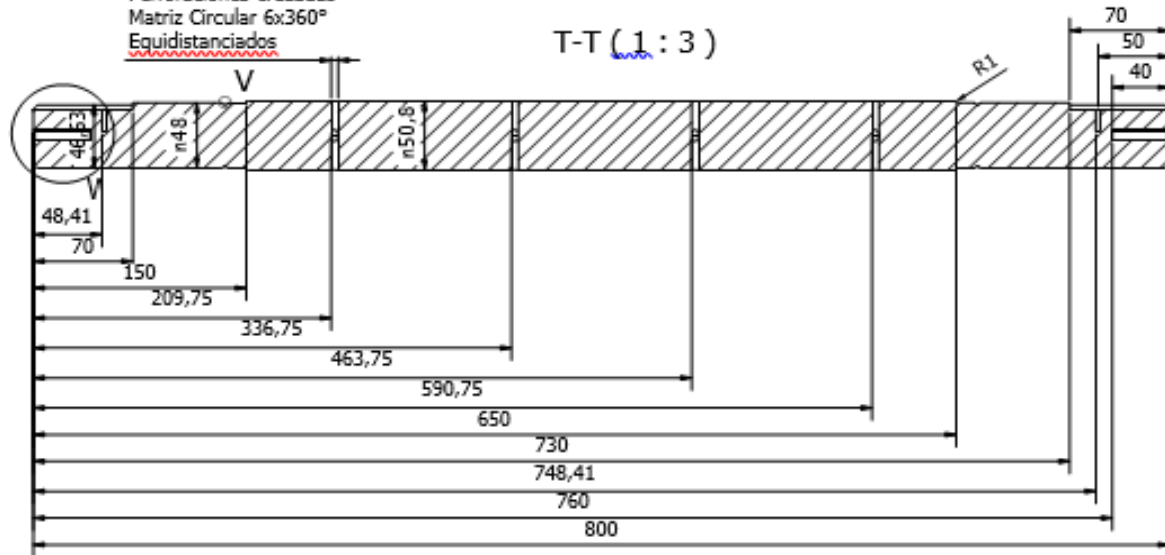
PALA CIRCULAR DE 1/4in

DESIGNED BY M. José & T. Marco	CHECKED BY SANGOL	APPROVED BY SANGOL	DATE 18/11/2022	DATE 18/11/2022	
UCV		MAQUINA HIDROPULSORA			
		MH-001	01	10 / 11	

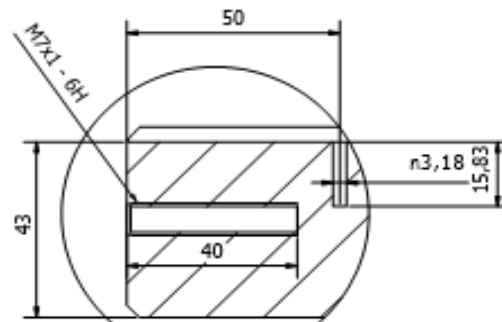


4 x n5
 Perforaciones cruzadas
 Matriz Circular 6x360°
 Equidistanciados

T-T (1:3)



V (5:1)



W (2:2)

EJE DE TRANSMISION DE 2 IN

DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE	DATE	Revisión
M. Jose & T. Marco	Asesor	Asesor	18/11/2022	18/11/2022	
UCV			MAQUINA HIDROPROPULSORA		
			MH-001	01	11 / 11



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SIALER DIAZ CESAR DANY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Máquina hidropulsora para riego en la pequeña agricultura, Ascope, La Libertad", cuyos autores son TORIBIO CALDERON MARCO GUILLIANO, MOSTACERO CEDRON JOSE ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 07 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SIALER DIAZ CESAR DANY DNI: 16731363 ORCID: 0000-0002-7430-9524	Firmado electrónicamente por: SIALERDC el 20-12- 2022 16:38:24

Código documento Trilce: TRI - 0477604