

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Construcción de una Bomba Espiral para la Evaluación del
Impulso de Agua del Rio Ayapata**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Julio Rolando Pacco Chuquitarqui

Yhón Ronel Jahuirá Lope

Asesor:

Msc. Ecler Mamani Chambi

Juliaca, junio de 2024

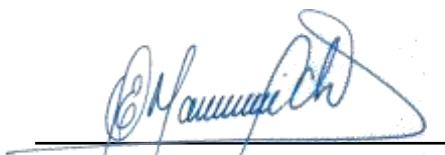
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Msc. Ecler Mamani Chambi, docente de la Facultad de ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA ESPIRAL PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPULSO DE AGUA DEL RIO AYAPATA**” de los autores **Julio Rolando Pacco Chuqitarqui** y **Yhón Ronel Jahuira Lope**, tiene un índice de similitud de 14% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 14 días del mes de junio del año 2024



Msc. Ecler Mamani Chambi

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 12 día(s) del mes de junio del año 2024 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del

(de la) presidente(a): Ing. Hector Dubovsky Pari Cusi el (la) secretario(a): Mg. Jose Pacori Pacori y los demás miembros: Mg. Lily Zea Gonzales y el (la) asesor(a) Msc. Ector

Mamani Chumbi con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Construcción de una Bomba Espiral para la Evaluación del Impulso de Agua del Rio Ayapata

del(los) bachiller(es): a) Julio Rolando Paces Chuquiturqui
 b) Yhón Ronel Tahuira Lope
 c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Julio Rolando Paces Chuquiturqui

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b): Yhón Ronel Tahuira Lope

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)
[Firma]
 Secretario/a
 Miembro
 Bachiller (c)

DEDICATORIA

A Dios por su amor y compasión, que me permitió lograr uno de mis metas de esta vida. A mis padres, por creer en mí, por las lecciones y por el apoyo total, que me ha permitido progresar y ser la persona que soy hoy.

Con cariño.

Julio Rolando Pacco Chuquitarqui.

A Dios por su gran amor, ser el inspirador, darme el impulso para continuar en este proceso de obtener uno de los deseos más ansiados y sobre todo el cuidado que me da. A mis queridos padres, por su gran apoyo total, su amor, la motivación y el trabajo de seguir adelante. A mi hermana menor, por acompañarme en este camino y por estar presente en mi vida, quienes me ha permitido ser mejor persona. A todas las personas que contribuyeron, compartieron sus conocimientos y brindaron su apoyo.

Con cariño.

Yhón Ronel Jahuira Lope

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, la salud, ser el guía, ser el pilar en momentos difíciles.

A nuestros padres: Antonio y Victoria, Leonidas y Olga, por ser los primordiales alentadores con nuestros deseos, por la confianza y creer en nosotros, por las recomendaciones y valores inculcados.

A la Universidad Peruana Unión, por ofrecernos una instrucción de alta calidad basada en valores y respetando los principios que ha dado Dios.

A cada uno de nuestros maestros de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, por compartir sus conocimientos durante la vida estudiantil y preparación de la profesión.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. Diseño Metodológico	15
2.2. Diseño Muestral	15
2.3. Técnicas de Recolección de Datos.....	16
2.4. Medición de Caudal:	16
2.5. Dimensionamiento de la Bomba:	19
2.6. Construcción de una bomba espiral y estructura de soporte:	19
2.6.1. Equipos y Materiales:.....	20
2.7. Caracterización de fisicoquímico de la calidad del agua	22
2.7.1. Metodología para Determinar la calidad de Agua.....	22
3. RESULTADOS	23
3.1. Calidad de Agua	23
3.2. Análisis estadístico de parámetros de agua:.....	28
3.3. Determinación del comportamiento de la bomba espiral:.....	32

3.3.1.	Primera Evaluación:	33
3.3.2.	Segunda Evaluación:	34
3.4.	Determinación de la cantidad de Agua:	36
4.	DISCUSIÓN.....	37
5.	CONCLUSIONES	39
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXOS	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores empíricos de corrección (C)	17
Tabla 2 Caudal y velocidad de diseño.....	18
Tabla 3 Dimensiones de la bomba.....	19
Tabla 4 Categoría 3-D1 Riego de vegetales.	23
Tabla 5 Requisitos Fisicoquímicos.....	24
Tabla 6 Requisitos Inorgánicos.....	25
Tabla 7 Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos	26
Tabla 8 Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos muestra 01 UPeU – Juliaca.....	26
Tabla 9 Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos muestra 02 UPeU – Juliaca.....	27
Tabla 10 Resultados de los parámetros de agua de la Muestra 1 Lab. BHIOS, muestra 1 y muestra 2 UPeU – Juliaca.	29
Tabla 11 Resultados del análisis estadístico T - Student de los parámetros de agua.	31
Tabla 12 Primera evaluación del comportamiento de la bomba espiral con 8 espirales variando la altura de descarga.	33
Tabla 13 Segunda evaluación del comportamiento de la bomba espiral con 10 espirales variando la altura de descarga.	34
Tabla 14 Cantidad de agua.....	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Placas agujeradas en 8 partes iguales ubicando simétrica y correctamente en el eje, así misma instalación de chumaceras y estructura de soporte a través de tubo metálica galvanizado.	21
Figura 2 Ensamblaje de la rueda, paletas y enrollado de la manguera, Estructura de soporte sujetando a la bomba espiral y traslado a la comunidad de Hanac Ayllu rio Ayapata.	21
Figura 3 Prueba Estadística de T - Student.	30
Figura 4 Altura de Descarga del caudal con 8 espiras.	34
Figura 5 Altura de descarga de caudal con 10 espiras.	35

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Sumisión del artículo a Tecnología y Ciencia del Agua	41
Anexo 2	Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo	42
Anexo 3	Placas Agujeradas y colocación en el eje de la bomba Espiral.	43
Anexo 4	Eje y estructura de soporte de la bomba espiral	44
Anexo 5	Ensamblaje de la rueda, paletas y enrollado de la manguera.....	45
Anexo 6	Traslado e instalación de la bomba en el río de Ayapata.....	46
Anexo 7	Comportamiento del impulso de agua	47
Anexo 8	Evaluación de agua a 15 metros sobre el nivel del río con una longitud de 100 metros	47
Anexo 9	Río Ayapata de la comunidad Hanac Ayllu	48
Anexo 10	Muestras de agua para el análisis del laboratorio.....	48

Construcción De Una Bomba Espiral Para La Evaluación Del Impulso De Agua Del Rio Ayapata

RESUMEN

El presente tema de investigación se basa de una necesidad sentida de un sistema de riego para cultivos en la comunidad de Hanac Ayllu del distrito de Ayapata. Lo cual tiene como objetivo diseñar y construir una bomba espiral para la evaluación del impulso del agua del rio Ayapata. La metodología se optó por una investigación de tipo descriptiva, con un enfoque cuantitativo, teniendo una muestra no probabilística e intencional y está compuesta por un diseño de la bomba espiral a partir del análisis de la calidad de agua del río Ayapata de la comunidad de Hanac Ayllu. Los resultados indican valores admisibles y aptos para riego comparando con los parámetros establecidos en el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM concretamente un pH de 8.4 siendo este valor menor a 8.5. Por otro lado, se tiene dos evaluaciones del impulso de agua a diferentes alturas; en la primera evaluación con 8 espirales equivalente a 11.50 metros de longitud de manguera a una altura 15 metros se obtiene un caudal 5 l/min y en la segunda evaluación con 10 espirales equivalente a 13.20 metros de longitud de manguera a una altura de 15 metros se obtiene un caudal 5.20 l/min. Por lo tanto, los resultados de usar la bomba espiral para impulsar el agua a zonas de cotas superiores son favorables que abastecería 02 hectáreas de riego de cultivos, lo cual se estaría beneficiando 20 usuarios. En conclusión, este proyecto de investigación se convierte en una solución inmediata para la población de la comunidad Hanac Ayllu.

Palabras clave: Bomba espiral, construcción, Diseño, Impulsión de agua, Riego.

Construction Of A Spiral Pump For Evaluation Of The Ayapata River Water Boost

ABSTRACT

This research topic is based on a felt need for an irrigation system for crops in the community of Hanac Ayllu in the Ayapata district. The objective of which is to design and build a spiral pump for the evaluation of the momentum of the water of the Ayapata River. The methodology was chosen for descriptive research, with a quantitative approach, having a non-probabilistic and intentional sample and is composed of a spiral pump design based on the analysis of the water quality of the Ayapata River in the community of Hanac Ayllu. The results indicate admissible values suitable for irrigation compared to the parameters established in SUPREME DECREE No. 004-2017-MINAM, specifically a pH of 8.4, this value being less than 8.5. On the other hand, there are two evaluations of the water impulse at different heights; In the first evaluation with 8 spirals equivalent to 11.50 meters of hose length at a height of 15 meters, a flow rate of 5 l/min is obtained and in the second evaluation with 10 spirals equivalent to 13.20 meters of hose length at a height of 15 meters. a flow rate of 5.20 l/min is obtained. Therefore, the results of using the spiral pump to propel water to higher elevation areas are favorable, as it would supply 02 hectares of crop irrigation, which would benefit 20 users. In conclusion, this research project becomes an immediate solution for the population of the Hanac Ayllu community.

Keywords: *Spiral pump, construction, Design, Water drive, Irrigation.*

1. INTRODUCCIÓN

La población campesina a nivel mundial tiene un gran problema con el abastecimiento del agua, ya que es limitada en el uso de este recurso para su desarrollo personal y agropecuario. La agricultura actualmente no puede competir económicamente con otras fuentes de economía debido a la escasez de agua, ya que el uso de agua a nivel mundial es el más deficiente y se pierde hasta el 70% en el transporte. El Perú cuenta con una gran cantidad de agua potable, pero no se está utilizando de manera responsable, ya que se emplean bombas eléctricas o motores para mover el agua desde los ríos o canales, provocando un aumento excesivo de los costos operativos en el sector agrícola.

En la región de Puno para obtener agua de los ríos y canales se utilizan bombas eléctricas y/o motores de combustión. Esto tiene un impacto negativo en la economía de los usuarios porque el costo promedio para llevar el agua a esas zonas con cotas superiores es de s/ 15 (soles) por hora, lo que genera un problema económico. Esta alternativa de bombeo podría ahorrar hasta el 70% del costo total de riego en costos de operación. (Portal, 2019). Así mismo, Según Resolución Ejecutivo Regional N°384-2022-GR PUNO/GR, Según la Dirección Regional Agraria (DRA) de Puno entre 2016 y 2021, las sequías causaron pérdidas significativas en el sector agrícola debido a la falta de lluvias. Estos efectos de la sequía dependen del grado de vulnerabilidad de las comunidades y de la capacidad de las comunidades para enfrentar el fenómeno, que también se ve afectado por la escasa planificación y la capacidad organizativa de los actores institucionales y comunitarios.

Por ello, un diseño y la construcción de la bomba contribuye a la población y permite impulsar el agua necesaria a zonas con alturas superiores al río y es necesaria para los agricultores en la región Puno, Distrito de Ayapata, logrando un menor precio en el mantenimiento para los beneficiarios, esta bomba dependerá de los materiales en el entorno y se pueda aprovechar el río para el suministro de agua. El objetivo de esta investigación fue diseñar y construir la bomba espiral para evaluar el impulso de agua del río Ayapata. Los objetivos específicos de la investigación incluyeron: el diseño, la construcción, la evaluación del impulso del agua utilizando diferentes longitudes de manguera y analizar la caracterización del agua.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño Metodológico:

Esta investigación es método experimental ya que los variables independientes se manipulan para establecer la correlación con las variables.

Es de tipo Aplicativo, puesto que se compara de las características del río y fuente de otras investigaciones que ha realizado la construcción de una bomba espiral, para evaluar el comportamiento del impulso de agua a diferentes alturas y como resultado está dada por una variación de los caudales y velocidades.

Es Observacional, ya que una vez terminada la bomba espiral se traslada a la zona tentativa, se observa la diferenciación el impulso del agua en función del caudal y la velocidad del río.

2.2. Diseño Muestral:

En la actualidad, no hay pautas establecidas para fabricar este tipo de bomba en casa, por lo que se realiza de manera gradual en función de los materiales utilizables y de la necesidad de resolver el problema planteado. Debido a que no se cuenta con una zona autorizada para su construcción, se utilizaron equipos normales.

Los materiales que se utilizaron son: madera, plancha de acero y mangueras a diferentes longitudes. Para que funcione la bomba se realizó con el aprovechamiento del río Ayapata el mismo que sirve para abastecer agua para el regadío de los cultivos en la comunidad Hanac Ayllu.

2.3. Técnicas de Recolección de Datos:

Para obtener información sobre la zona para este trabajo de investigación, se utilizaron técnicas de recolección de datos. Las siguientes son las técnicas que se utilizarán:

Se realizó las visitas al centro poblado de Hanac Ayllu para realizar observaciones, las posibles instalaciones de la bomba espiral, la realización de aforos del río para medición de la velocidad y el caudal con la finalidad de elegir el diseño y construir la bomba espiral, por último, muestras de agua para evaluar su calidad.

2.4. Medición de Caudal:

Para conocer el caudal y área de río se pueden obtener por diferentes métodos: flotador, volumétrico, datos del gobierno regional y municipalidad de los últimos años. Para la medición del caudal se realizó por el método del Flotador, son objetos flotables que consiguen la velocidad superficial del agua. A su vez según este método puede ser de tres tipos.

Cuando no hay herramientas de medición, se usa el método del flotador con un objeto flotante que mide la velocidad superficial del agua y estas pueden ser: un pequeño pedazo de madera, un corcho o una pequeña botella lastrada (Camacho, 2015).

Los valores obtenidos a través de esta técnica son cercanos, por lo que deben ajustarse mediante los factores empíricos de corrección (C). Estas mismas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Factores empíricos de corrección (C)

Tipo de Arroyo	Factor de Corrección de Velocidad (C)	Precisión
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0.85	Buena
Rio profundo y lento	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0.65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0.45	Muy Mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso	0.25	Muy Mala

Fuente: Ministerio de agricultura (2005).

Para el cálculo del caudal y la velocidad está dada por la fórmula:

$$Q = C * A * V$$

$$V = e/t$$

Donde:

Q = Caudal

C = Factor de corrección

v = Velocidad en m/s

e = Distancia recorrido (m)

t = Tiempo de recorrido de la distancia por el objeto flotador

A = Área del río

Los resultados del caudal con el área que se obtuvo y la velocidad promedio se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Caudal y velocidad de diseño

Descripción	Medición
Área del río	4.99m²
Velocidad del río	1.5 m/s
Caudal del río	4.875 m³/s

Fuente: Elaboración Propia.

2.5. Dimensionamiento de la Bomba:

Se hicieron cálculos para el diseño de la bomba espiral, para determinar la cantidad de espiras, diámetro interior y exterior, longitud de alabe aproximado para la construcción de la bomba espiral. En la tabla 3 se muestra los resultados del dimensionamiento de la bomba.

Tabla 3

Dimensiones de la bomba

Descripción	Medida
Diámetro interior	0.3 m
Diámetro exterior	1.8 m
Diámetro de la rueda sin paleta	1.4 m
Longitud de alabe (paleta)	0.45 m
Velocidad de la rueda (observacional)	6 rpm
Numero de espiras	8 espiras

Fuente: Elaboración Propia.

2.6. Construcción de una bomba espiral y estructura de soporte:

Para efectos de este trabajo de investigación, la construcción de la bomba espiral fue realizado a través de los resultados de dimensionamiento de la bomba según la Tabla 3, así mismo se ha verificado que de ser grandes dimensiones la bomba espiral, por lo que se debe construir un soporte para toda la estructura y componentes de la bomba espiral.

2.6.1. Equipos y Materiales:

- Cámara fotográfico: permite evidenciar los trabajos durante proceso.
- Soldadura: permite unir toda la estructura de la bomba espiral.
- Tubo metálico galvanizado: estructura metálica que permite el soporte de la estructura y componentes de la bomba espiral.
- Eje de acero de 1": donde soporta toda la estructura de la bomba espiral, el mismo que sirve como salida de fluido hacia la manguera de 1".
- Platina de acero: circulares con un diámetro de 0.30 m y un grosor de 8 mm.
- Botella Pet: sirve como recolector y/o ingreso de fluido (embudo).
- Manguera de polietileno de 1": se utiliza como espiras que van enrollados en la riega y el transporte de agua, en donde se genera energía para impulsar agua.
- Chumaceras: Son rodamientos que apoyan al eje en movimiento.
- Madera: son de 140 cm x 5 cm x 2 cm
- Pernos de diferentes diámetros, permiten ajustar entre las placas los 8 radios de listones.
- Alambre galvanizado: permite sujetar la manguera enrollado en el espiral.
- Wincha: permite medir elementos de la bomba espiral durante la ejecución del proyecto.
- Talador.
- Amoladora y otros.

Figura 1

Placas agujeradas en 8 partes iguales ubicando simétrica y correctamente en el eje, así misma instalación de chumaceras y estructura de soporte a través de tubo metálica galvanizado.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2

Ensamblaje de la rueda, paletas y enrollado de la manguera, Estructura de soporte sujetando a la bomba espiral y traslado a la comunidad de Hanac Ayllu rio Ayapata.



Fuente: Elaboración Propia.

2.7. Caracterización de fisicoquímico de la calidad del agua

2.7.1. Metodología para Determinar la calidad de Agua

Según el DECRETO SUPREMO N 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias en el Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Este proyecto de investigación está dentro de la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales con una Subcategoría D1 denominado Riego de vegetales. Esta categoría incluye las aguas que se utilizan para el riego de cultivos vegetales, incluida la variedad de consumo esgrimida (cruda o cocida), así como posibles métodos industriales o envasados.

Por otro lado, el Ministerio de Agricultura y Riego en el año 2018 presenta una proposición de un Método para obtener el valor de la Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE), esta misma se define como un guía que figura el estado de la calidad del agua de forma resumida y comprensible. Lo cual se muestra en la Tabla 4 Categoría 3-D1 Riego de vegetales.

Tabla 4

Categoría 3-D1 Riego de vegetales.

ítem	Parámetros	Unidades
01	Cloruros	mg/L
02	Conductividad	mg/L
03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs)	mg/L
04	Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L
05	Potencial de Hidrogeno (pH)	pH
06	Aluminio	mg/L
07	Arsénico	mg/L
08	Boro	mg/L
09	Cadmio	mg/L
10	Cobre	mg/L
11	Hierro	mg/L
12	Manganeso	mg/L
13	Mercurio	mg/L
14	Plomo	mg/L
15	Zinc	mg/L
16	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
17	Huevos y Larvas helmintos	Huevos/L

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego 2018.

3. RESULTADOS

3.1. Calidad de Agua:

La caracterización de fisicoquímico de la calidad del agua del río Ayapata que está ubicado en la comunidad de Hanac Ayllu, se realizaron con muestras de 3700 ml aproximadamente compuesta de 01 envase de vidrio de 500 ml; 01 envase PET de 1000 ml, 02 envases PET de 500 ml c/u y 02 envases PET de 100 c/u para el análisis Fisicoquímico en el laboratorio BHIOS LABORATORIOS. Así mismo, se realizó con 02 muestras de 1L en un contenedor de botella de vidrio en la fecha 25 de enero del 2024, en el laboratorio de agua en la escuela ingeniería ambiental de la UPeU – JULIACA.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el informe de ensayos de referencia por el laboratorio BHIOS LABORATORIOS y comparándolos con los valores permisibles de las Normas y Recomendaciones, se tiene los siguientes resultados en las Tablas 5, 6 y 7. Así mismo, en su informe de análisis de agua por el laboratorio de la escuela Ingeniería ambiental de la UPeU Filial Juliaca y comparándolos con los valores permisibles de Normas y Recomendaciones, se tiene los siguientes resultados en la Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 5

Requisitos Fisicoquímicos

Determinación	Resultados	unidades	Valor máximo	Cumple
Cloruro (Cl ⁻)	0.12	mg/L	500	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs)	8.20	mg/L	<=15	Cumple
Oxígeno Disuelto	7.50	mg/L	>5	Cumple
Conductividad	125.0	µS/cm	<=5000	Cumple
pH	8.4	U de pH	6.5 a 8.5	Cumple

Fuente: Laboratorio BHIOS LABORATORIOS

Los resultados de la Tabla 5, se tiene cinco parámetros de fisicoquímico como: Cloruro (Cl-) con resultado de 0.12 mg/L, Demanda Bioquímico de Oxígeno (DBOs) con resultado de 8.20 mg/L, Oxígeno Disuelto (mínimo) de 7.50 mg/L, Conductividad de 125.00 μ S/cm y pH con resultados de 8.40 U de pH. Se tiene resultados que cumplen con valores establecidos en el DS N 004 – 2017 - MINAM. Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales.

Tabla 6

Requisitos Inorgánicos

Descripción	Resultados	Unidades	Valor Máximo	S/N Cumple
Al (Aluminio)	0.05	mg/L	5	Cumple
As (Arsénico)	0.00981	mg/L	0.01	Cumple
B (Boro)	0.014	mg/L	1	Cumple
Fe (Hierro)	0.011	mg/L	5	Cumple

Fuente: Laboratorio BHIOS LABORATORIOS

De acuerdo con los resultados de la Tabla 6, se tiene cuatro parámetros de inorgánicos como: Al (Aluminio) con resultado de 0.05 mg/L, As (Arsénico) de 0.00981 mg/L, OB (Boro) de 0.014 mg/L y Fe (Hierro) con resultado de 0.011 mg/L. Se tiene resultados que cumplen con valores establecidos en el DS N 004 – 2017 - MINAM.

Tabla 7*Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos*

Determinación	Resultados	Unidades	Valor Máximo	S/N Cumple
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	<1.1*	NMP/100mL	1000	Cumple

Fuente: Laboratorio BHIOS LABORATORIOS

El resultado de la tabla 7 se tiene un parámetro de Microbiológicos y Parasitológicos como: Numeración de coliformes termotolerantes o fecales de <1.1*. Se tiene un resultado que cumple con el valor establecido en el DS N° 004 – 2017 - MINAM.

Tabla 8*Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos muestra 01 UPeU – Juliaca.*

N	Descripción	Resul tados	Und	Método Analítico	Valor	S/N Cumple
1	pH	7.58	pH	Potenciométri co	6.5 - 8.5	si
2	Oxígeno Disuelto	6.60	mg/L	Electrométrico	>5	si
3	Conductividad Eléctrica	97.2	us/cm	Electrométrico	<= 5000	si
4	Aluminio	0.102	mg/L	Colorimétrico	5	si
5	Boro	0.00	mg/L	Colorimétrico	1	si
6	Hierro (Fe)	0.04	mg/L	Colorimétrico	5	si
7	Cloro Total	0.03	mg/L	Colorimétrico	500	si

8	Arsénico	0.004	mg/L	Dietilditiocarb amato de plata	0.01	si
9	DBO	2.3	mg/L	Electrométrico	<=15	si
10	Coliforme	61	UFC/1 00ml	Filtración por membrana	1000	si

Fuente: Laboratorio de agua de la escuela ingeniería ambiental DE LA UPeU JULIACA.

En la Tabla 8, según el análisis de calidad de agua del río Ayapata, de la muestra 01, por parte de laboratorio de agua de la escuela ingeniería ambiental de la universidad peruana unión, evidencia análisis de 10 para metros tales como: pH con resultado de 7.58 pH, Oxígeno Disuelto de 6.60 mg/L, Conductividad Eléctrica de 97.20 us/cm, Aluminio con resultado de 0.102 mg/L, Boro de 0.00 mg/L, Hierro (Fe) de 0.04 mg/L, Cloro Total de 0.03 mg/L, Arsénico de 0.004 mg/L, DBO de 2.30 mg/L y Coliformes de 61.00 UFC/100ml, haciendo una comparación con los parámetros establecidos los resultados cumplen según DS N° 004 – 2017 – MINAM.

Tabla 9

Requisitos Microbiológicos y Parasitológicos muestra 02 UPeU – Juliaca.

N	Descripción	Resul tados	Und	Método Analítico	Valor	S/N Cumple
1	pH	8.39	pH	Potenciométri co	6.5 - 8.5	Cumple
2	Oxígeno Disuelto	6.81	mg/L	Electrométrico	>5	Cumple
3	Conductividad Eléctrica	92.40	us/cm	Electrométrico	<= 5000	Cumple
4	Aluminio	0.107	mg/L	Colorimétrico	5	Cumple
5	Boro	0.00	mg/L	Colorimétrico	1	Cumple

6	Hierro (Fe)	0.00	mg/L	Colorimétrico	5	Cumple
7	Cloro Total	0.00	mg/L	Colorimétrico	500	Cumple
8	Arsénico	0.007	mg/L	Dietilditiocarb amato de plata	0.01	Cumple
9	DBOs	4.00	mg/L	Electrométrico	<=15	Cumple
10	Coliforme	56	UFC/1 00ml	Filtración por membrana	1000	Cumple

Fuente: Laboratorio INGENIERIA AMBIENTAL DE LA UPeU JULIACA.

En la Tabla 9, según el análisis de calidad de agua del río Ayapata, de la muestra 02, por parte de laboratorio de agua de la escuela ingeniería ambiental de la universidad peruana unión, evidencia análisis de 10 para metros tales como: pH con resultado de 8.39 pH, Oxígeno Disuelto de 6.81 mg/L, Conductividad Eléctrica de 92.40 us/cm, Aluminio con resultado de 0.107 mg/L, Boro de 0.00 mg/L, Hierro (Fe) de 0.00 mg/L, Cloro Total de 0.00 mg/L, Arsénico de 0.007 mg/L, DBO de 4.00 mg/L y Coliformes de 56.00 UFC/100ml, haciendo una comparación con los parámetros establecidos los resultados cumplen según DS N° 004 – 2017 – MINAM.

3.2. Análisis estadístico de parámetros de agua:

Sobre el análisis estadístico se ha definitivo por la metodología T – Student en donde se ha comparado la distribución de 10 paramétricos de la calidad de agua en tres (03) muestras o grupos dependientes. La cual tenemos el siguiente Tabla 10.

Para el análisis estadístico es necesario tener un promedio de los parámetros para luego someter al programa de Microsoft Excel y comparar las tres muestras que se tiene, para ello hay dos opciones, la primera: las muestras tienen que ser menor o igual a 30, y la segunda: el número de muestras es mayor a 30. Para esta investigación se escogió por la primera opción ya que tenemos 3 muestras diferentes y es menor a 30. Así mismo se tiene que hacer cálculos necesarios y verificar si los valores obtenidos por el programa Microsoft Excel cumplen estadísticamente o cuando la prueba tiene suficiente poder estadístico para tomar una decisión de aceptación o rechazo.

Tabla 10

Resultados de los parámetros de agua de la Muestra 1 Lab. BHIOS, muestra 1 y muestra 2 UPeU – Juliaca.

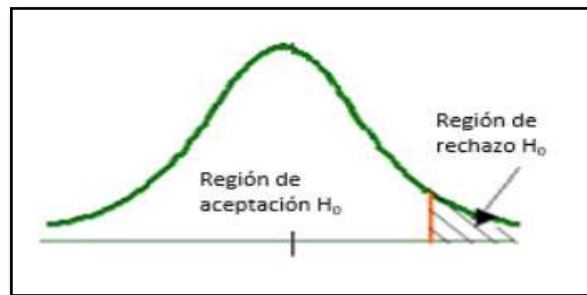
N°	Descripción	M1 (Lab. BIOS)	M1 (Lab. UPeU)	M2 (Lab. UPeU)	Promedio
1	pH	8.4	7.58	8.39	8.123
2	Oxígeno Disuelto	7.5	6.60	6.81	6.960
3	Conductividad Eléctrica	125	97.2	92.40	104.867
4	Aluminio	0.05	0.102	0.107	0.086
5	Boro	0.014	0.00	0.00	0.005
6	Hierro (Fe)	0.011	0.04	0.00	0.017
7	Cloro Total	0.02	0.03	0.00	0.017
8	Arsénico	0.009	0.004	0.007	0.007
9	DBO	8.2	2.3	4.00	4.833
10	Coliforme	1.1	61	56	39.367

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10 se tiene valores promedio de las 03 muestras de los parámetros de agua como: pH como promedio de 8.123 pH, Oxígeno Disuelto promedio 6.960 mg/L, Conductividad Eléctrica promedio 104.867 us/cm, Aluminio promedio 0.086 mg/L, promedio 0.005 mg/L, Hierro (Fe) promedio con 0.017 mg/L, Cloro Total promedio con 0.017 mg/L, Arsénico promedio 0.007 mg/L, DBO promedio 4.833 mg/L y Coliformes promedio de 39.367 UFC/100ml, con estos resultados se determina el análisis estadístico con la metodología T – Student la cual se muestra en la figura N 4.

Figura 3

Prueba Estadística de T - Student.



Para el desarrollo de la metodología se debe tener en cuenta lo siguiente:

Planteamiento de la prueba de hipótesis: H_0 = Hipótesis Nula

H_1 = Hipótesis Alterna

Numero de muestras: 3

Promedio de parámetros: 10

Nivel de significancia: $\alpha=5\%$

Nivel de confianza: 95%

Grados de Libertad:

$(n - 1)$

n: Numero de muestras

Según el cálculo se obtiene un valor absoluto de $T = 2.920$, el mismo que se determina para todos los parámetros de agua, la cual es el límite entre la región de rechazo H_0 (región sombreada) y la región de aceptación (región no sombreada), es decir el punto crítico de las regiones de aceptación y rechazo como se muestra en la figura N 3. Según la fórmula de T – Student se ha determinado valores de T calculado o el estadístico de prueba para los 10 parámetros y los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Resultados del análisis estadístico T - Student de los parámetros de agua.

N°	descripción	Valor absoluto T	T Calculado	Conclusión
1	pH	2.920	1.018	El valor T calculado está en zona aceptable
2	Oxígeno Disuelto	2.920	1.949	El valor T calculado está en zona aceptable
3	Conductividad Eléctrica	2.920	1.981	El valor T calculado está en zona aceptable
4	Aluminio	2.920	1.134	El valor T calculado está en zona aceptable
5	Boro	2.920	2.000	El valor T calculado está en zona aceptable
6	Hierro (Fe)	2.920	-0.503	El valor T calculado está en zona aceptable
7	Cloro Total	2.920	1.511	El valor T calculado está en zona aceptable

8	Arsénico	2.920	1.606	El valor T calculado está en zona aceptable
9	DBO	2.920	1.920	El valor T calculado está en zona aceptable
10	Coliforme	2.920	1.127	El valor T calculado está en zona aceptable

Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 11, se tiene los resultados de T – calculado o estadístico de prueba, estos valores evidencian que los 10 parámetros de agua están dentro de la zona aceptable. Consecuentemente, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis nula H_0 es aceptable y la hipótesis alterna H_1 se rechaza, porque los resultados de T calculado para todos los parámetros de agua caen dentro de la región no sombreada (Región de aceptación) y esta es menor a $T = 2.920$.

3.3. Determinación del comportamiento de la bomba espiral:

La bomba Espiral se instaló en el río de Ayapata ubicado en la comunidad de Hanac Ayllu como una solución de sistema de riego. Lo cual se realizaron dos diferentes pruebas para la evaluación de resultados, variando en la longitud de manguera, lo cual se obtuvieron resultados diferentes.

Donde:

n: # de espiras.

d Espiras: Diámetro interno de manguera de espiral.

d Descarga: Diámetro interno de manguera de descarga.

rpm: Vueltas por minuto.

3.3.1. Primera Evaluación:

La bomba fue instalada en el río Ayapata con 8 espirales, lo que equivale a 11.50 metros de longitud de manguera, los resultados son los siguientes: a una altura de 5 metros consiguió un caudal de 6.18 litros/minuto con una velocidad de 6 giros, una altura de 10 metros consiguió un caudal de 5.02 litros/minuto con una velocidad de 5 giros y a una altura de 15 metros logro un caudal de 3.80 litros/minuto con una velocidad de 4 giros.

Tabla 12

Primera evaluación del comportamiento de la bomba espiral con 8 espirales variando la altura de descarga.

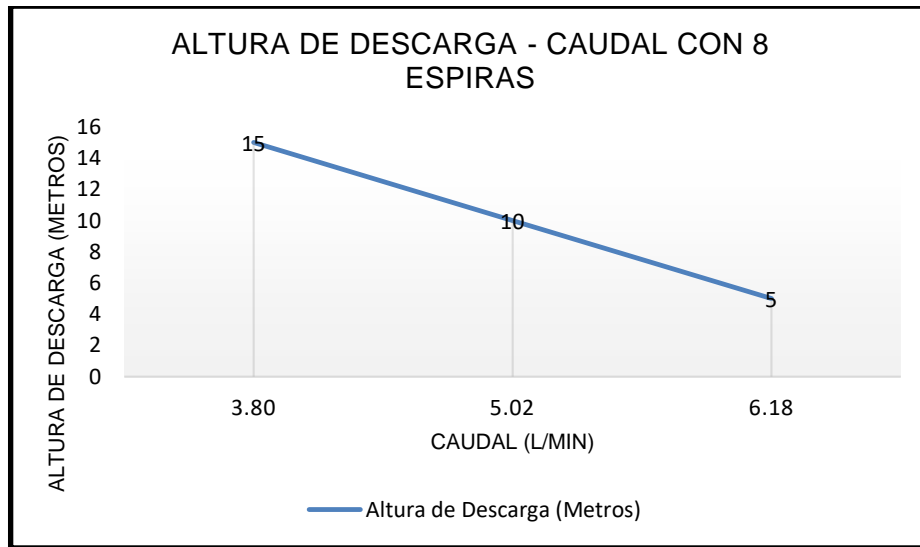
Altura De Descarga (m)	N	Long. de manguera o Espiras (m)	D	D Espiras (m)	D Descarga (m)	rp m	Caudal (Its/Min)	Caudal prom. (Its/Min)
5	8	11.50	1.80	0.0254	0.0254	6	6.18	
10	8	11.50	1.80	0.0254	0.0254	5	5.02	5.00
15	8	11.50	1.80	0.0254	0.0254	4	3.80	

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados en la tabla 12, se efectuó la gráfica entre la altura de descarga y el caudal utilizando 8 espirales equivalente a 11.50 metros de manguera, esta misma es mostrada en la Figura 4.

Figura 4

Altura de Descarga del caudal con 8 espiras.



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Segunda Evaluación:

La bomba fue instalada en el río Ayapata con 10 espirales lo que equivale a 13.20 metros de longitud de manguera, lo que se indica que a una altura de 5 metros se obtuvo un caudal de 6.32 litros/minuto con una velocidad de 6 giros, a una altura de 10 metros se tiene un caudal de 5.18 litros/minuto con una velocidad de 5 giros y a una altura de 15 metros con un caudal de 4.10 litros/minuto con una velocidad de 4 giros.

Tabla 13

Segunda evaluación del comportamiento de la bomba espiral con 10 espirales variando la altura de descarga.

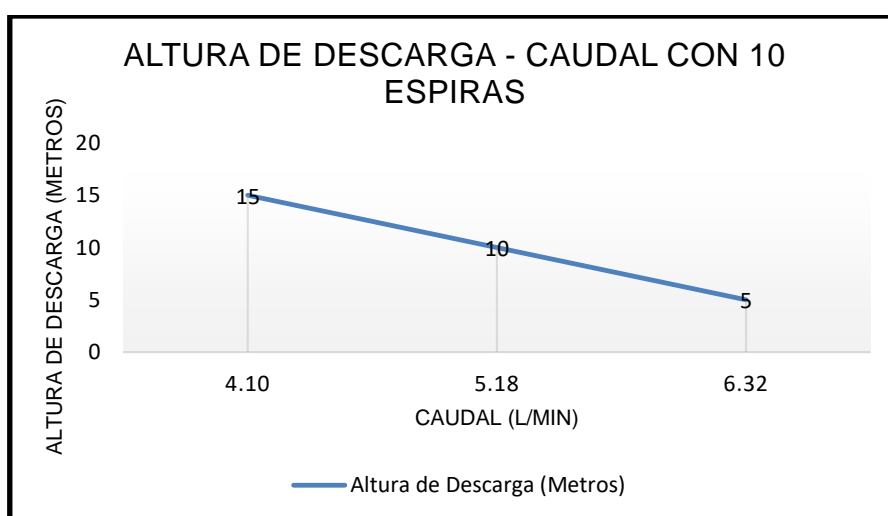
Altura de Descarga (m)	N	Long. de manguera o Espiras (m)	D	D Espiras (m)	D Descarga (m)	rpm	Caudal (lts/Min)	Caudal prom. (lts/Min)
5	10	11.50	1.80	0.0254	0.0254	6	6.32	
10	10	11.50	1.80	0.0254	0.0254	5	5.18	5.20
15	10	11.50	1.80	0.0254	0.0254	4	4.10	

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados en la tabla 13, se efectuó la gráfica entre la altura de descarga y el caudal utilizando 10 espirales equivalente a 13.20 metros de manguera, la cual se muestra en la figura 5.

Figura 5

Altura de descarga de caudal con 10 espiras.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. Determinación de la cantidad de Agua:

Según BASCOMEX (2023), los cultivos de secano (cultivos que depende de agua de lluvia) requieren alrededor de 500 a 800 metros cúbicos de agua por una hectárea por año. No obstante, en zonas con una época de crecimientos de cultivos con menor precipitación la cantidad es mayor.

En la comunidad Hanac Ayllu del distrito de Ayapata, en los últimos años se ha visto la presencia de sequía (menor precipitación) por ende se toma datos mayores a 800 metros cúbicos de agua por una hectárea, considerando 1000 metros cúbicos de agua por hectárea por año, que equivale a 0.0019 metros cúbicos por hectárea por minuto (0.0019 m³/min/hec). Según nuestra evaluación de impulso de agua en el río de Ayapata se obtiene un caudal de 4.10 lts/min, equivale a 0.0041 metros cúbicos/minuto. por ende, considerando 0.0041 m³/min se abastecería un promedio de 02 hectáreas de riego de cultivos para un promedio de 20 usuarios de la comunidad de Hanac Ayllu, en la Tabla 14 se pueden ver los datos de cantidad de agua.

Tabla 14

Cantidad de agua

Descripción	Unidad	Cantidad
Cantidad de agua BASCOMEX	m ³ /hec/año	800 a más (1000)
Referencia	m ³ /hec/min	0.0019

Cantidad de agua (impulso)	m3/hec/min	0.0041
Área que abastece	hectárea	2.125
Beneficiarios	usuario	20

Fuente: Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

La bomba espiral utilizada en la investigación actual se ha realizado 02 diferentes pruebas variando en el número de espiras, primera evaluación se realizó con 8 espiras equivalente a 11.50 metros de longitud de manguera, segunda evaluación se realizó con 10 espiras equivalente a 13.20 metros de longitud de manguera, de los cuales se obtuvieron resultados diferentes. Así mismo se ha evaluado variando la altura de descarga de 5, 10 y 15 metros de altura en cada prueba.

En la primera evaluación con 8 espirales equivalente a 11.50 metros de longitud de manguera se ha podido determinar que, a una altura de 5 metros fue capaz de obtener un caudal de 6.18 litros/minuto con una velocidad de 6 giros, a una altura de 10 metros con un caudal de 5.02 litros/minuto con una velocidad de 5 giros y a una altura de 15 metros con un caudal de 3.80 litros/minuto con una velocidad de 4 giros.

En la segunda evaluación con 10 espirales equivalente a 13.20 metros de longitud de manguera se ha podido determinar que, a una altura de 5 metros fue capaz de obtener un caudal de 6.32 litros/minuto con una velocidad de 6 giros, a una altura de 10 metros con

un caudal de 5.18 litros/minuto con una velocidad de 5 giros y a una altura de 15 metros con un caudal de 4.10 litros/minuto con una velocidad de 4 giros.

En las dos evaluaciones, se aprecia que, de acuerdo con la altura de descarga, el giro RPM es variable, tal como se aprecia en la tabla 12 y 13, a mayor altura de descarga la velocidad de giro rpm es menor. Se ha variado a una diferencia de 5 metros de altura de descarga en cada evaluación y la velocidad del giro disminuye 1 rpm, de tal forma que el caudal de descarga también disminuye a un promedio de 1.6 l/min, según los resultados en la tabla 12 y 13.

Así mismo se determina que, según la diferencia de número de espiras y/o longitudes de manguera, los resultados claramente varían de la siguiente forma: en la primera evaluación con 8 espirales equivalente a 11.50 metros de longitud de manguera, para una altura promedio de 10 metros altura impulsa 5.00 l/min, con una velocidad promedio de 5 rpm. En la segunda evaluación con 10 espirales equivalente a 13.20 metros de longitud de manguera, para una altura promedio de 10 metros impulsa 5.20 l/min, con una velocidad promedio de 5 rpm. Finalmente se determina que hay una variación de 2 espiras equivalente 1.70 metros de longitud de manguera y volumen de agua de 0.20 l/min. Puesto que mientras mayor número de espiras y/o mayor longitud de manguera en el espiral es mayor volumen de agua impulsada. Así mismo la altura de descarga es mayor.

Según los análisis de agua en las 02 laboratorio de BHIOS LABORATORIOS y LABORATORIO DE INGENIERIA AMBIENTAL con 03 muestras en diferentes fechas, la primera muestra para el análisis de agua se ha realizado en el laboratorio BHIOS LABORATORIOS en la fecha 23 de octubre del 2023 y ya para concluir el informe indica

resultados viables, la segunda y tercera muestra para el análisis de agua se ha realizado en el laboratorio de agua de la escuela ingeniería ambiental de la universidad peruana unión en la fecha 25 de enero del 2024, en donde también los resultados son viables.

5. CONCLUSIONES

En el presenta proyecto de investigación, se ha diseñado y construido una bomba espiral con 8 espiras, enrollado en el espiral de 13.20 metros de longitud de manguera de 1", con diámetro externo de 1.80 metros con una velocidad de 4 giros en un minuto es óptimo para impulsar agua a una altura de 15 metros con un caudal de 4.10 l/min siendo una solución inmediata para los agricultores. Además, se realizó el análisis de la calidad de agua es óptima ya que los resultados correspondientes al rio de los laboratorios BHIOS LABORATORIO y LABORATORIO DE AGUA DE LA ESCUELA INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad Peruana Unión, está dentro de los parámetros de riego establecidos en el DS N 004-2017-MINAM. Así mismo los resultados de la impulsión de agua se tiene una impulsión de agua de 4.10 l/min, equivale a 0.0041 metros cúbicos/minuto a una altura de 15 metros, abastecería un promedio de 02 hectáreas de riego de los cultivos, lo cual se estaría beneficiando un aproximado de 20 usuarios.

Debido a las corrientes de mayor velocidad en el rio, se recomienda diseñar bombas de mayor diámetro para uso por tramos con el propósito de obtener mejores beneficios y resultados para los agricultores de la Comunidad de Hanac Ayllu del distrito de Ayapata. Ya que es fundamental el suministro de agua para los agricultores en tiempos de sequía, ya que el caudal del rio baja hasta de 10% hasta 100% de la corriente del rio.

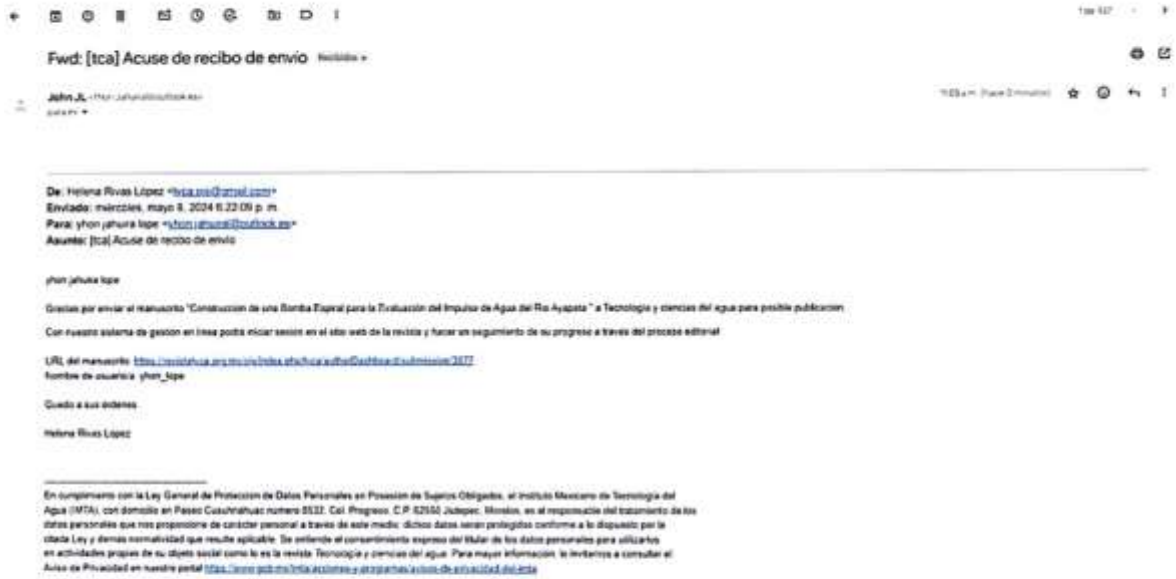
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Checa, P. (2022). *Evaluación de la eficacia energética del sistema hidráulico de bombeo de agua de riego mediante el aprovechamiento de energía cinética del río tahuando en la comunidad santa rosa- cantón Ibarra, Ecuador.*
- Cáceres, A. (2015). *Diseño y construcción de una rueda hidráulica para impulsar agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a 300 m de distancia en puerto quito recinto la magdalena. quito. de mejora en la gestión de inventarios para el almacén de insumos en una empresa de consumo masivo.* Lima, Perú.
- Castro, W. E. (2017). *Construcción de una bomba de espiral para inducir el agua de riego del canal margen izquierda del rio tumbes 2017.* Tumbes, Perú.
- Gutiérrez, D. E. (2019). *Diseño de una bomba tipo espiral para ayuda de cultivos del centro poblado la cría, Lambayeque, Perú*
- Ordoñez, W. (2003). *Diseño, Construcción y Evaluación de un Hidropulsador, Coahuila, México.*
- Pellicer, J. J. (2014). *Construcción, caracterización y estudio de aplicación de una bomba de bobina para riego de una finca agrícola, C.*
- Ramon, L. F. (2005). *Diseño y construcción de un aparato y de un círculo hidráulico para bombeo de agua en el rancho experimental san marcos del hcpp, Unión.*
- Terán, M. A. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para bomba espiral, Sangolquí.*
- BASCOMEX (2023, 31 de julio) *Litros de agua para regar una hectárea.* Tecnología de Shopify BASCOMEX. Consultado el 10 de febrero de 2024. <https://bascomex.com>

ANEXOS

Anexo 1

Sumisión del artículo a Tecnología y Ciencia del Agua



Escaneado con CamScanner

Anexo 2

Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0429-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 08 de agosto de 2023

VISTO:

El expediente de **Julio Rolando Pacco Chuquitarqui**, identificado(a) con Código Universitario N° 201321937 y **Yhón Ronel Jahuira Lope**, identificado(a) con Código Universitario N° 201321495, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Julio Rolando Pacco Chuquitarqui** y **Yhón Ronel Jahuira Lope**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Construcción de una bomba espiral para la evaluación del impulso de agua del río Ayapata" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 08 de agosto de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Construcción de una bomba espiral para la evaluación del impulso de agua del río Ayapata" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ing. Ecler Mamani Chambi** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Jose Pacori Pacori** y **Mg. Fritz Willy Mamani Apaza**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

Fuente: Patmos UPeU – Resolución N° 0429 – 2023.

Anexo 3

Placas Agujeradas y colocación en el eje de la bomba Espiral.



Ubicación	Departamento: Puno – Provincia: Carabaya – Distrito: Ayapata – Comunidad Hanac Ayllu	MES	Julio del 2023
------------------	---	------------	----------------

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4

Eje y estructura de soporte de la bomba espiral



Ubicación	Departamento: Puno – Provincia: Carabaya – Distrito: Ayapa – Comunidad Hanac Ayllu	MES	Julio del 2023
------------------	--	------------	----------------

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Ensamblaje de la rueda, paletas y enrollado de la manguera



Ubicación	Departamento: Puno – Provincia: Carabaya – Distrito: Ayapata – Comunidad Hanac Ayllu	MES	setiembre del 2023
------------------	---	------------	-----------------------

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6

Traslado e instalación de la bomba en el río de Ayapata



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

Comportamiento del impulso de agua



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

Evaluación de agua a 15 metros sobre el nivel del rio con una longitud de 100 metros



Fuente: elaboración propia

Anexo 9

Rio Ayapata de la comunidad Hanac Ayllu



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10

Muestras de agua para el análisis del laboratorio



Fuente: Elaboración propia