



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL PARA  
IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DEL CENTRO  
POBLADO LA CRIA – LAMBAYEQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores:**

**Bach. Gutierrez Camargo Diego Esteban  
Bach. Tafur Naquiche Jeinner Alberto**

**Asesor:**

**Dr. Jorge Olortegui-Yume, Ph.D**

**Línea de Investigación:**

**Ingeniería de Procesos Productivos**

**Pimentel - Perú**

**2019**

DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DEL  
CENTRO POBLADO LA CRIA – LAMBAYEQUE

---

Bach. Gutierrez Camargo Diego Esteban  
**AUTOR**

---

Bach. Tafur Naquiche Jeinner Alberto  
**AUTOR**

Presentado a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de  
Sipán para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

**APROBADO POR:**

---

MSc. Rojas Coronel Angel Marcelo  
**Presidente del Jurado de tesis**

---

Mg. Alvarado Silva Carlos Alexis  
**Secretario del Jurado de tesis**

---

Mg. Vives Garnique Juan Carlos  
**Vocal del Jurado de tesis**

**PIMENTEL – 2019**

## **DEDICATORIA**

*A Dios. Por permitirme  
llegar hasta este punto,  
por otorgarme salud y  
cuidado para lograr mis  
objetivos; y por darme  
fuerzas para superar los  
obstáculos que se me  
presentan.*

*A mis padres, por el  
apoyo en todo momento  
para ser mejor  
cada día.*

*A mi asesor de tesis, por  
guiarme sabiamente en  
la elaboración de este  
proyecto de tesis.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios. A mis padres, a quienes debo mi existencia y apoyo para ser mejor cada día. A mi familia por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A los docentes que estuvieron presentes a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por sus enseñanzas en el propósito de mi formación como Ingeniero Mecánico Electricista.

A mi asesor de tesis, por guiarme sabiamente en la elaboración de esta tesis.

# DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DEL CENTRO POBLADO LA CRIA – LAMBAYEQUE

## DESIGN OF A PUMP TYPE SPIRAL FOR IRRIGATION OF CROPS OF THE LA CRIA POPULATED CENTER - LAMBAYEQUE

Diego Esteban Gutiérrez Camargo<sup>1</sup>

Jeinner Alberto Tafur Naquiche<sup>2</sup>

### **Resumen**

*En este trabajo se diseñó una bomba tipo espiral para irrigación de cultivos del centro poblado La Cria – Lambayeque.*

*Las necesidades de esta población se determinaron mediante inspección visual y encuestas. Se realizó la búsqueda mundial de normas o estándares de diseño, se determinó la inexistencia de estas, por lo que se siguieron las recomendaciones de investigadores previos. Luego, se generaron 6 conceptos que en potencia podían servir como solución, los cuales fueron evaluados en una matriz de selección de criterios ponderados para brindar un concepto ganador. El siguiente paso fue analizar las cargas que afectan a la estructura de la maquina mediante el software comercial SOLIDWORKS. Seguido se realizó el diseño paramétrico del sistema hidráulico con ayuda de una GUI (GRAPHICAL USER INTERFACE) considerando rangos para las variables de presión atmosférica, diámetro de rueda, diámetro de tubería, velocidad del canal y número de espiras. Finalmente se realizó la selección de componentes estándar y la elaboración de los planos.*

*La mayor parte de las medidas del equipo se llevaron a parametrización. En el diseño conceptual que resultó ganador fue la bomba tipo espiral con dos capas de espiras. SOLIDWORKS permitió observar que los máximos esfuerzos y deformaciones se ubican en la parte posterior de la estructura y se observó un factor de seguridad mayor de 5. La parametrización GUI nos mostró una vista global del comportamiento de las variables, observando que la presión no afecta en la altura máxima de bombeo. Para un diámetro de rueda de 1.5 m con 5 espiras por lado y a una velocidad de 2m/s, un diámetro de tubería de 38.1mm y una presión atmosférica de 10.193. Esta bomba alcanza una altura máxima de 6.40 metros y un caudal de salida de 0.00274m<sup>3</sup>/s. El costo del proyecto es de 4000 soles, comparando el sistema actual de riego y el sistema con bomba tipo espiral se tiene un Valor actual neto máximo de (VAN) de 2987 soles y una Tasa interna de retorno (TIR) del 65%.*

*El diseño paramétrico mostro ser una excelente herramienta en la toma de decisiones al analizar partes críticas. El uso de una metodología formal de diseño en ingeniería permitió un flujo claro en el proceso de obtención del diseño final pues se facilitó la toma de decisiones. Del análisis económico se desprende que esta máquina es rentable para el propósito planteado.*

**Palabras claves:** *bomba espiral, bomba de bobina, coil pump, spiral pump, waterwheel*

## **Abstract**

*In this work, a spiral type pump was designed to irrigate crops in the La Cria - Lambayeque town center.*

*The needs of this population were determined through visual inspection and surveys. The global search for standards or design standards was carried out, the lack of them was determined, so the recommendations of previous researchers were followed. Then, 6 concepts were generated that could potentially serve as a solution, which were evaluated in a selection matrix of weighted criteria to provide a winning concept. The next step was to analyze the loads that affect the structure of the machine through commercial software SOLIDWORKS. The parametric design of the hydraulic system was followed with the help of a GUI (GRAPHICAL USER INTERFACE) considering ranges for the variables of atmospheric pressure, wheel diameter, pipe diameter, channel speed and number of turns. Finally, the selection of standard components and the preparation of the plans were made.*

*Most of the measurements of the equipment were carried out in parameterization. In the conceptual design that was the winner was the spiral type pump with two layers of turns. SOLIDWORKS allowed us to observe that the maximum efforts and deformations are located in the back of the structure and a safety factor greater than 5 was observed. The GUI parameterization showed us a global view of the behavior of the variables, observing that the pressure was not affects the maximum pumping height. For a wheel diameter of 1.5 m with 5 turns per side and at a speed of 2m / s, a pipe diameter of 38.1mm and an atmospheric pressure of 10,193. This pump reaches a maximum height of 6.40 meters and an output flow of 0.00274m<sup>3</sup> / s. The cost of the project is 4000 soles, comparing the current irrigation system and the system with spiral type pump has a net present value (NPV) of 2987 soles and an internal rate of return (IRR) of 65%.*

*The parametric design showed to be an excellent tool in the decision making when analyzing critical parts. The use of a formal design methodology in engineering allowed a clear flow in the process of obtaining the final design as decision making was facilitated. From the economic analysis it is clear that this machine is profitable for the proposed purpose.*

**Keywords:** *bomba espiral, bomba de bobina, coil pump, spiral pump, waterwheel*

---

<sup>1</sup>Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: gcamargod@crece.uss.edu.pe y registro ORCID.

<sup>2</sup>Adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: tnaquichej@crece.uss.edu.pe y registro ORCID.



# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1.	Realidad problemática.....	11
1.2.	Antecedentes de estudio.....	13
1.3.	Teorías relacionadas al tema.....	17
1.3.1.	Principio de funcionamiento de una bomba tipo espiral. ....	17
1.3.2.	Presión hidrostática.....	18
1.3.3.	Empuje de la burbuja de aire (Air lift).....	20
1.3.4.	Partes de una bomba tipo espiral.....	21
1.3.5.	Diseño de una bomba tipo espiral.....	22
1.4.	Formulación del problema .....	24
1.5.	Justificación e importancia del estudio.....	24
1.5.1.	Justificación Técnica.....	24
1.5.2.	Justificación Económica.....	24
1.5.3.	Justificación Ambiental.....	25
1.5.4.	Justificación Social.....	25
1.6.	Objetivos.....	25
1.6.1.	Objetivo General.....	25
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	25
2.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	27
2.1.	Tipo y Diseño de la investigación .....	27
2.1.1.	Metodología de diseño.....	27
2.2.	Variables y operacionalización .....	29
2.2.1.	Variables.....	29
2.2.1.1.	<i>Variables para el Sistema hidráulico de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>29</i>
2.2.1.2.	<i>Variables para el Sistema de Chasis de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>29</i>
2.2.1.3.	<i>Variables para el Sistema del eje de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>30</i>
2.2.2.	Operacionalización.....	33
2.2.2.1.	<i>Sistema hidráulico de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>33</i>
2.2.2.2.	<i>Sistema de chasis de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>34</i>
2.2.2.3.	<i>Sistema del eje de la bomba tipo espiral.....</i>	<i>35</i>
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	36
2.3.1.	Instrumentos de recolección de datos.....	37

2.3.2.	Validación y confiabilidad de instrumentos. ....	38
2.4.	Procedimientos de análisis de datos.....	38
2.5.	Criterios éticos.....	41
2.6.	Criterios de rigor científico .....	41
3.	RESULTADOS.....	43
3.1.	Resultado de la Encuesta de Necesidades de los agricultores .....	43
3.2.	Diseño Conceptual .....	47
3.2.1.	Determinación de Criterios Ponderados.....	53
3.3.	Dimensionamiento de la bomba .....	56
3.3.1.	Recomendaciones de diseño para Bombas tipo espiral.....	56
3.3.2.	Hoja de especificaciones de ingeniería. ....	56
3.3.2.1.	<i>Diámetro de la rueda.</i> .....	56
3.3.2.2.	<i>Altura de sumersión de la rueda.</i> .....	56
3.3.2.3.	<i>Diámetro de la tubería.</i> .....	56
3.3.2.4.	<i>Álabes de rueda hidráulica.</i> .....	56
3.3.3.	Dimensionamiento del Equipo.....	61
3.3.4.	Selección de Materiales. ....	62
3.3.4.1.	<i>Selección de material de tubería para las espiras.</i> .....	62
3.3.4.2.	<i>Selección de material de la rueda, chasis y eje.</i> .....	62
3.3.5.	Caudal y Velocidad de Diseño. ....	63
3.4.	Diseño Paramétrico de Sistema Hidráulico.....	64
3.5.	Diseño del Chasis de la máquina.....	72
3.5.1.	Fuerza Gravitacional de la rueda y el eje ( $F_T$ ).....	74
3.5.2.	Fuerzas de la corriente fluvial ( $F_c$ ).....	74
3.5.3.	Reacciones.....	75
3.6.	Diseño del Eje .....	78
3.7.	Selección de los componentes estándar de la bomba tipo espiral .....	81
3.8.	Estudio económico (PRESUPUESTO, TIR, VAN, ROI) .....	83
3.9.	Discusión de los resultados .....	88
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	91
4.1.	Conclusiones.....	91
4.2.	Recomendaciones .....	92
4.	REFERENCIAS .....	94
	ANEXOS.....	98

# **CAPITULO 1**

# **INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En 2025, se prevé que más de 5 mil millones de personas, o dos tercios del planeta se verán afectados por la moderada a grave escasez de agua. Esta escasez será causada tanto por el cambio climático y el crecimiento de la población humana. La escasez de agua también significará mayores tensiones en los productores agrícolas que utilizan actualmente aproximadamente el 70% del agua dulce disponible para el riego de cultivos y sus animales. Las comunidades rurales pobres del mundo en desarrollo, que ya luchan durante los períodos de sequía seguirán siendo desafiadas para satisfacer sus necesidades de agua en los próximos años. Un ejemplo de estas comunidades es la de Chirundu, Zambia, que tiene una población de aproximadamente 7000 personas y está ubicada en las riberas del río Zambeze. El problema del agua en esta comunidad se vio agravado por la presencia de grandes cantidades de cocodrilos que causaban muertes y mutilaciones cada vez que la comunidad formaba cadenas humanas para extraer agua del río (Thompson 2011).

Aproximadamente el 80% de la extracción de agua en el Perú se utiliza para el riego; sin embargo, el 65% de agua se pierde debido a la dependencia de sistemas de riego ineficientes. La superficie agrícola bajo riego se encuentra principalmente en la Región Costa donde representa el 57%, en la Región Sierra se encuentra el 38% y en la Región Selva solo el 5%. El riego por gravedad es utilizado en más de 1 590,5 mil hectáreas, significando el 88,0% del total, el 7,0% del total utiliza riego por goteo y el 4,8% el sistema por aspersión. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2012)

La región Lambayeque debido a limitaciones climáticas y geográficas depende de sistemas de riego, utiliza el agua proveniente de los ríos de la Cordillera de los Andes y las maneja con presas, tomas y pozos. Gran parte de la población integra una pequeña agricultura familiar, estas utilizan tecnologías que van desde las más tradicionales hasta las más modernas. Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2009)

La Cria es un centro poblado que se ubica en la parte occidental a 11 km del Distrito de Pátapo. Se da el nombre de La Cria porque, precisamente esta localidad se caracteriza por la facilidad que ofrece el lugar para la crianza de ganado. Las actividades económicas primordiales en esta localidad son la ganadería y la agricultura. Los cultivos de esta

localidad son el maíz, ají, cebolla, frejol, yuca y sandia predominando el cultivo del maíz (Municipalidad Distrital de Pátapo, 2005). El río Chancay en el repartidor la Puntilla se divide en tres cursos: Canal Taymi (al norte), río Reque (al sur) y entre ambos el río Lambayeque. Sólo el río Reque desemboca en el Océano Pacífico al norte del Puerto Eten, mientras que los otros dos ramales no llegan al mar, debido a que sus aguas son utilizadas para el riego, hasta su agotamiento. El Canal Taymi es el canal principal de distribución del valle que sirve al 37% del área irrigada, tiene una longitud de 48,90 Km, con una capacidad de conducción variable de 65 m<sup>3</sup>/s. Presenta sección trapezoidal revestida con mampostería de piedra y concreto. A lo largo de su trayecto el canal cuenta con diversas tomas laterales de capacidades variables, muchas de ellas en condiciones de ilegalidad (ANA, 2011).

Para poder abastecer de agua a sus cultivos los agricultores de La Cria utilizan el agua proveniente del Canal Taymi. Los terrenos de cultivo se encuentran a una altura superior y a una distancia considerable de donde se encuentra el canal Taymi (*Figura 1*), los agricultores para movilizar el agua para la irrigación de sus cultivos utilizan bombas que son accionadas por motores petroleros (*Figura 2*), esto encarece los costos operativos para su agricultura y en consecuencia obtienen un porcentaje de ganancia menor al esperado. En esta zona no existe algún sistema de riego alternativo que dé una solución a este problema.



**Figura 1.** Cultivos de los agricultores irrigados por el agua del Canal Taymi.

**Fuente:** Propia



**Figura 2.** Motor petrolero que acciona la bomba para movilizar el agua del Canal Taymi para el riego de los cultivos de los agricultores de La Cria.

**Fuente:** Propia

Este proyecto se centra en el diseño de una bomba tipo espiral que pueda abastecer la irrigación de cultivos cercanos al Canal Taymi de los pequeños agricultores del centro poblado La Cria – Lambayeque con la intención de reducir los costos operativos para su agricultura.

## **1.2. Antecedentes de estudio**

Morgan (Morgan, 1984) diseñó una rueda de agua de tubo espiral para el canal principal de riego que abastece la finca Citrus en Mazoe. Se diseñó en Blair Research Laboratory de Harare, Zimbabwe. Este canal tenía 1,93 m de ancho y una velocidad de fluido de 1 m/s. Se diseñó una rueda de 4 metros de diámetro, con 16 paletas de 600mm<sup>2</sup>. Se montaron dos bombas de bobina en la rueda en posiciones opuestas horizontalmente, cada bomba tenía 3 bobinas de tubería de 50mm de diámetro. Esta rueda realizó 3,21 revoluciones por minuto y logro bombear 3,697 litros de agua por hora a una altura de 8 metros por encima del canal. Este diseño obtuvo una altura máxima de 12m por encima del canal. Se llegó a la conclusión que se debería prestar especial cuidado en el sello de agua. También, si este se usase en una plataforma flotante anclada en la orilla de un río, las

paletas deberían ser más grandes. Durante los 5 primeros años de trabajo este diseño proporcionó un servicio fiable.

Thompson *et. al.* (Thompson *et. al.*, 2011), investigadores de la Seattle University – USA, diseñaron una rueda hidráulica y bomba de bobina para una fuente comunitaria en Zambia. Se construyeron dos prototipos los cuales fracasaron. En la tercera versión para mejorar el equilibrio y aumentar la descarga de la bomba, cada lado de la rueda tuvo 13 bobinas de 1” tubería de PVC. A 7 rpm, el equipo bombeó 36 lt/min a tanques de almacenamiento 6500 litros, situados a 10 m por encima de la elevación de la superficie del río, con lo que fue capaz de satisfacer las necesidades diarias de agua de hasta 200 residentes. El equipo demostró ser capaz de suministrar más de 30 lt/min de aguas abajo para cabezas de presión de hasta 12m. Para que la bomba de bobina sea verdaderamente sostenible en el tiempo, se debe tomar la atención especial en la fabricación de la junta giratoria. El costo total de los materiales y mano de obra fueron de 3000 dólares.

Patil *et. al.* (Patil *et. al.*, 2014) diseñó, fabricó y analizó el rendimiento de una bomba de bobina espiral. Se consideró el diseño con un diámetro de rueda de 0,8 m y 7 bobinas. El equipo se probó a diferentes profundidades de sumersión, velocidad de rotación y capas de bobina. La altura máxima obtenida fue de 4,3 m a 5 m, con un caudal máximo de descarga de 1200 lt/ h para una sola capa y 2280 lt/h para doble capa de bobina, con eficiencias de 20% y 74%, respectivamente. A partir del estudio, se concluyó que, con un aumento de la velocidad de rotación, la descarga aumenta hasta que alcanza su valor máximo dependiendo de la relación sumergida de trabajo. Por ello, se puede conseguir, que la descarga se pone a cero a cierta velocidad máxima y relación sumergida. El caudal será cero cuando la bomba esté totalmente sumergida o completamente fuera del agua. Los resultados experimentales se acercan a los resultados teóricos obtenidos. Se debe tener especial cuidado en fabricar la junta rotativa para evitar fugas.

Praveen y Harshal (Praveen y Harshal, 2016) diseñaron y construyeron una rueda hidráulica de tubo espiral para el departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Mumbai, en la India. Este trabajo se basó en la metodología desarrollada por Peter Morgan (Morgan, 1984). Se utilizó una rueda de bicicleta y una tubería de 30 mm para la espiral, mientras que para proporcionar el impulso a la rueda se utilizaron unos pedales

acoplados a esta. La rueda fue sumergida a 1/3 de su totalidad, obteniendo como resultado una velocidad límite de 38 rpm. Este diseño logró llevar el agua hasta una altura de 6 pies con un caudal en la tubería de descarga de 4 lt/min y se obtuvo una eficiencia del 90,80%. Se concluyó que el tubo espiral debe ser aproximadamente tres veces más largo que la altura bombeada, que la velocidad de la rueda aumenta a medida que aumenta el tamaño de los pedales y que esta bomba tenía gran potencial para la comunidad de Mumbai.

Córdova (Córdova, 2006) diseñó un sistema que utilice la energía hidráulica del río Catamayo y se transforme en bombeo de agua de manera gratuita para las comunidades campesinas de la provincia de Loja. Se construyó un modelo, que está compuesto por un reservorio de recirculación, canal de alimentación, de conducción, rueda hidráulica, bomba de pistón, sistema de transmisión y bombas de recirculación. Después de varias pruebas, se obtuvo los datos de funcionamiento de la rueda hidráulica – bomba. Para una velocidad de entrada del agua entre 0,4 y 0,5 m/s, se obtuvo un caudal de 2 lt/seg para riego de 2 hectáreas y un rendimiento de 25%. Se calculó un parámetro muy importante, llamado coeficiente de velocidad. A partir del estudio, se concluyó que la altura de carga disminuye al disminuir la velocidad de entrada del agua y que el caudal de entrada depende de si se utilizan una o dos bombas de recirculación. El costo total de proyecto fue de 7400 dólares. Se llegó a la conclusión que el costo anual total a pagar para el mantenimiento del sistema rueda hidráulica – bomba es muy bajo.

Terán (Terán, 2012) diseñó y construyó un banco de pruebas para bombas de espiral para el departamento de ciencias de la energía y mecánica de la Escuela Politécnica del ejército de Sangolquí-Ecuador. La bomba se fabricó con mangueras de polietileno de 1” y de ¾”. Se diseñó el eje de acero SAE 1018 para un peso máximo de 300 kg. Para el diseño de la estructura de soporte se utilizó el software SAP2000. En una de las pruebas realizadas en el río se obtuvo para una altura de 20ft un caudal de 0,58 gal/min con una eficiencia de la bomba espiral de 44,58%. Se concluyó que al aumentar espiras en la rueda se aumenta la presión en la línea de descarga. El costo total del proyecto fue de 1109,86 dólares. Al realizar la comparación costo-beneficio de la bomba espiral y una bomba eléctrica, considerando una fuerte inversión inicial para la bomba de espiral resulta que a partir del octavo mes la bomba espiral empieza a ser más rentable que la bomba eléctrica.

Cáceres (Cáceres, 2015) diseñó y construyó una rueda hidráulica con impulsor espiral para impulsar agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a

300 m de distancia en el recinto la Magdalena Puerto Quito - Ecuador. Se analizó la situación de caudal obteniendo un caudal de 1,2 lt/s. Se planteó el diseño del rodete estableciendo 1,9m de diámetro en acero inoxidable 304 incluyendo 54 cazoletas. Para el impulsor espiral se calculó 7 espiras calculando 13 m de manguera de ¾". Se calculó un estanque de captación de agua de 2000m<sup>3</sup>. Se obtuvo un caudal de agua generado por la rueda hacia el tanque reservorio de 1,5 lt/min. Se encontró que el tiempo que demora en llenarse el tanque reservorio de 550 litros son 12,22 horas. El costo total del proyecto resultó de 2593,4 dólares. Se logró determinar que, al colocar desde el estanque de captación, tubería de 4" seguida de una de 2" y finalmente tubería de 1" la velocidad del caudal y las revoluciones por minuto de la rueda aumentan. Toda la rueda tiene que ser construida de acero inoxidable para evitar la corrosión.

Heredia (Heredía, 2009) realizó la construcción y ensayo de una rueda hidráulica de corriente libre de 2m de diámetro construida expresamente para operar en el canal del Laboratorio de Hidráulica, Universidad Católica del Perú. Se consideraron cuatro variables de diseño dos variables de control: velocidad de corriente y caudal, dos variables de registro: torque y velocidad angular. Se adoptó la medida de 2m con el propósito de observar el comportamiento de la estructura. Se calculó 16 álabes en total, orientamos a 28 grados de inclinación con respecto al radio. El ancho total de la rueda es de 37 cm. En el ensayo se trabajó con incrementos de 5lt/s empezando en 40 lt/s y llegando hasta la máxima de 75lt/s y torques de cargas superiores a 15 Nm. Se obtuvo que por encima de 70 lt/s el máximo rendimiento se da con todo el álabe sumergido, lo cual genera también la potencia máxima efectiva. Como resultado, la potencia máxima entregada (29 W) se produjo a un régimen de giro entre 2 y 3 rpm. Como conclusión se indicó que si se utilizaran ruedas con paletas de dimensiones no constantes se podría mejorar la eficiencia. La potencia real fue muy cercana a la potencia ideal calculada.

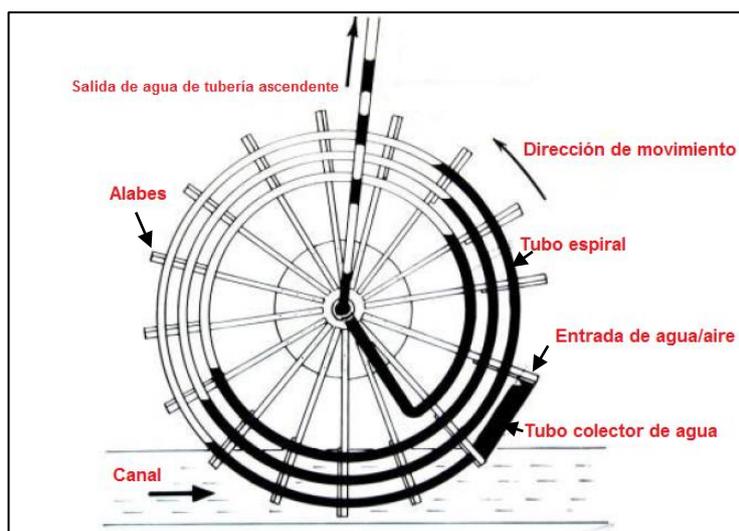
Auccacusi (Auccacusi,2014) realizó el análisis técnico y económico para la selección del equipo óptimo de bombeo en Muskarumi - Pucyura – Cusco usando fuentes renovables de energía, se determinó el caudal necesario para 3 hectáreas de cultivo de aproximadamente 3 lt/s por lo que se necesitaría bombear 282 m<sup>3</sup> al día y a 3.5 bar de presión. Se realizó el análisis económico con el fin de hallar la rentabilidad del proyecto tomando como tasa de interés mínima 11% anual. El costo de operación de la bomba solar es mínimo y el costo de mantenimiento del sistema es de 5% anual del costo de la bomba.

Aplicando el uso de la bomba solar, el costo aproximado del proyecto de bombeo y riego es de aproximadamente \$39 000 cuyo valor actual neto es de \$54 000 y tasa interna de retorno es de 58%. Usando el catálogo de río bombas de la marca ROCHFER no existe una rueda que suministre un caudal de 282.3 m<sup>3</sup> de agua por día. Entonces notando los límites de las capacidades de las rio bombas se deberá usar más de una bomba. En este estudio se concluyó que la rio bomba es un equipo de bombeo que cumple con los parámetros de caudal y presión, pero no fue escogido como el equipo de bombeo óptimo porque hace que el proyecto sea viable con menos diversidad de productos agrícolas que la bomba solar, además su costo de inversión es mucho mayor respecto al bombeo solar con una diferencia aproximada de \$33000.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Principio de funcionamiento de una bomba tipo espiral.

Según Da Rocha, J. (2014), la bomba espiral es un mecanismo simple: se compone básicamente de una rueda de hidráulica con un cierto número de palas y una espiral de tubería flexible fijada a la misma rueda; la rueda gira alrededor en su eje horizontal, quedando siempre parcialmente sumergido en la corriente del agua; el mismo flujo de agua mueve la rueda. En cada rotación el extremo de la tubería se sumerge y recoge una cierta cantidad de agua. Al rotar cuando no está sumergida recoge también una cierta cantidad de aire. Este núcleo de agua pasa a través de la espiral, seguido del núcleo de aire, mientras la rueda sigue girando. Un nuevo núcleo de agua entra en el tubo a cada revolución, y también un nuevo núcleo de aire; así, una serie de núcleos alternados de agua y aire van recorriendo el interior de la espiral a medida que la rueda gira, acabando por ser encaminados hacia el eje de la rueda, el cual tiene una unión giratoria sellada, donde se conecta a un tubo fijo, que llevará el agua de la bomba hasta la reserva.



**Figura 3.** Esquema de funcionamiento de la Bomba tipo espiral

**Fuente:** Adaptado de Da Rocha, J. (2014)

A medida que la rueda gira se registra un aumento de presión en el interior de cada espira, porque el nivel de agua del lado que sube es siempre superior al lado que desciende. Estos núcleos de agua, dentro de la tubería enrollada en espiral comprimen el aire mientras van recorriendo la espiral y, tanto el agua como el aire, van siendo empujados bajo presión hacia el interior del eje.

En resumen, su funcionamiento se basa en el principio según el cual, en cada nueva rotación, la mitad del volumen de la primera espira se llena de agua y la otra mitad de aire. En la rotación adicional, esta espira transmite presión a la espira que sigue, a través del aire que queda atrapado en la espiral. La repetición de este incremento de presión, a medida que se avanza hacia el centro la espiral crea presión acumulativa permitiendo bombear el líquido a una zona superior.

Terán (2012), detalla minuciosamente los principios físicos de este invento. “La bomba tipo espiral consiste fundamentalmente en una manguera enrollada de tal manera que al rotar ingresan por la boca tramos de agua y aire. El aire es comprimido con el agua de cada espira y a la salida se obtiene una presión tal que logra elevar el fluido debido a dos principios: la presión hidrostática y el empuje de la burbuja de aire” (p.10).

### **1.3.2. Presión hidrostática.**

Un fluido pesa y ejerce presión sobre las paredes sobre el fondo del recipiente que lo contiene y sobre la superficie de cualquier objeto sumergido en él. Esta presión, llamada presión hidrostática, provoca, en fluidos en reposo, una fuerza perpendicular a las paredes del recipiente o a la superficie del objeto sumergido sin importar la orientación que adopten las caras. Si el líquido fluyera, las fuerzas resultantes de las presiones ya no serían necesariamente perpendiculares a las

superficies. Esta presión depende de la densidad del líquido en cuestión y de la altura a la que esté sumergido el cuerpo y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \rho gh + P_0$$

Donde:

$P$  : Presión hidrostática (Pa)

$\rho$  : Densidad del líquido ( $kg/m^3$ )

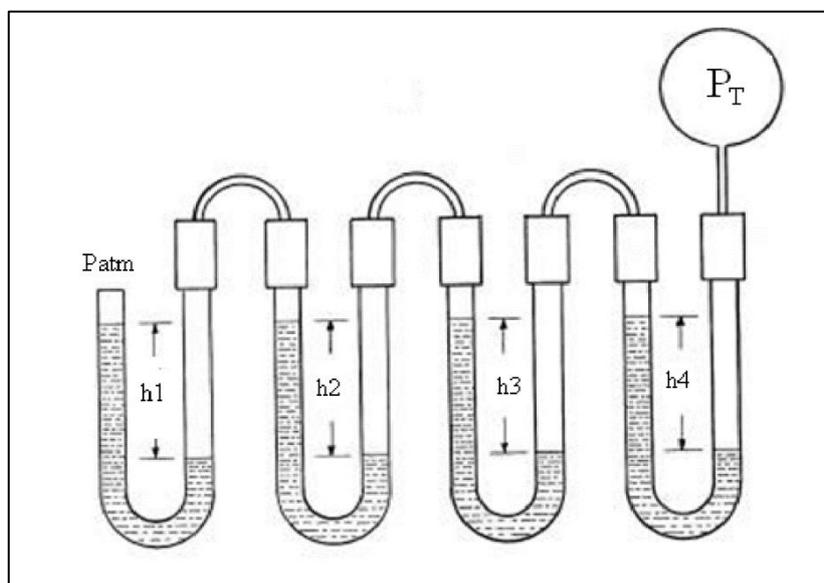
$g$  : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$h$  : Altura del fluido (m)

$P_0$  : Presión atmosférica (Pa)

La presión es a su vez proporcional a la profundidad del punto con respecto a la superficie, y es independiente del tamaño del recipiente. Así, la presión en el fondo de una tubería vertical llena de agua de 1 cm de diámetro y 15 m de altura es la misma que en el fondo de un lago de 15 m de profundidad. A mayor profundidad, la presión será mayor.

Una bomba en espiral se analiza mediante un conjunto de tubos en U conectados como el de la figura 4, donde se aplican todos los principios descrito anteriormente.



**Figura 4.** Análisis de presión de las Bombas tipo espiral

**Fuente:** Teran, M. (2012)

Donde la ecuación de la presión sería:

$$P = \rho g h + P_0$$

$$P = \rho g (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n) + P_0$$

En cada espira, el volumen de líquido es constante mientras que con la diferencia de altura se aumenta la presión del aire y éste se comprime, reduciéndose su volumen y relacionándose estas magnitudes por la ley de Boyle.

### 1.3.3. Empuje de la burbuja de aire (Air lift).

Es el principio que permite a la bomba crear columnas de agua dentro de cada espira, conforme gira la rueda ingresando aire y agua alternadamente, este mismo fenómeno se da en la tubería se descarga aumentando la altura de elevación.

El aire que se comprime a medida que avanza hacia el centro de la rueda, luego se expande a medida que aumenta la tubería de descarga, produciendo un efecto de elevación en el agua.

Las ecuaciones detalladas a continuación fueron propuestas por F. A. Zenz en 1993 proporcionando una relación para estos parámetros:

Flujo del fluido (adimensional)

$$\frac{V_L}{A} \sqrt{\frac{48L}{D} \frac{\rho_L}{62,4}} / \log_{10}\left(\frac{34+s}{34}\right)$$

Flujo del gas (adimensional)

$$\frac{V_G}{A} \sqrt{\frac{48\rho_G}{D * L * \rho_L}}$$

Donde:

A es el área de la sección [pies<sup>2</sup>]

D el diámetro interior de la tubería [plg.]

L es la altura de ascenso [plg.]

S es el área sumergida [pies<sup>2</sup>]

$V_G$  es el flujo de gas [pies<sup>3</sup>/min]

$V_L$  es la densidad del fluido [gal/min]

$\rho_G$  es la densidad del gas [lb/pies<sup>3</sup>]

$\rho_L$  es la densidad del líquido [lb/pies<sup>3</sup>]

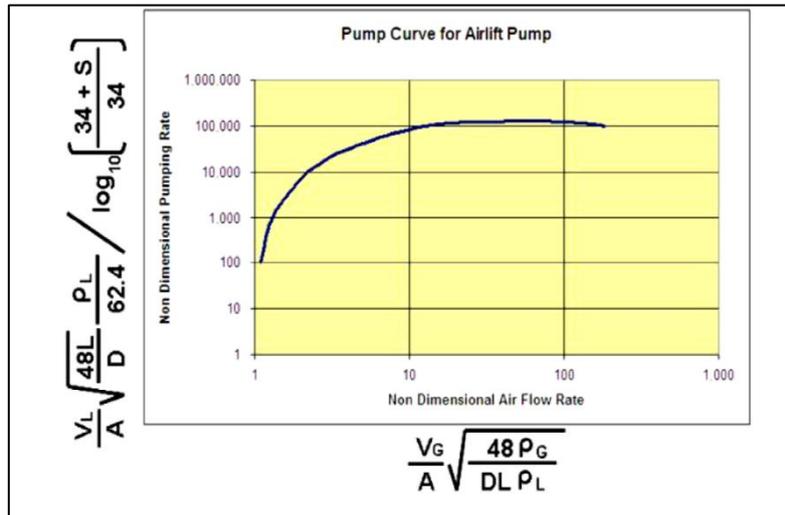


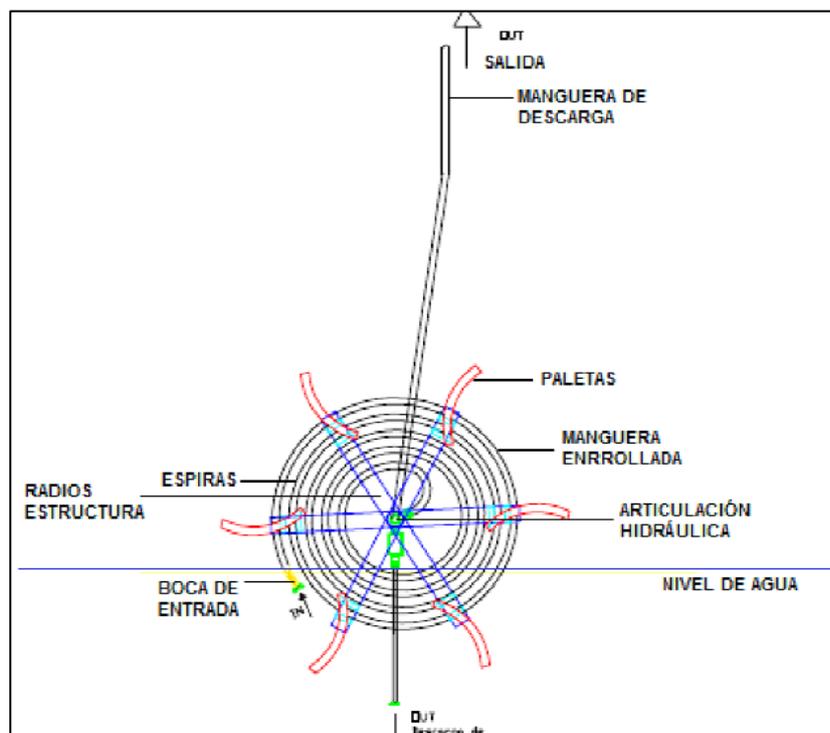
Figura 5. Gráfica curva de Zenz de flujo agua – aire  
Fuente: Teran, M. (2012)

### 1.3.4. Partes de una bomba tipo espiral.

Según Teran (2012)

#### A) Sistema hidráulico

Es el mecanismo operado por la presión cuando el líquido es forzado a través de las tuberías. Tiene los siguientes componentes:



**Figura 6.** Partes del sistema hidráulico

**Fuente:** Terán, 2012

### **B) Sistema de chasis**

Consiste en una estructura que sostiene, aporta rigidez y forma a un objeto en su construcción y uso. Es análogo al esqueleto de un animal. Es el elemento estructural encargado de soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos.

### **C) Sistema del Eje**

Actúa como un dispositivo de soporte y giratorio de la bomba espiral.

### **D) Sistema de flotadores**

Un flotador es una pieza fabricada de un material ligero y que sirve para mantener a flote la estructura. Los flotadores se fabrican en materiales ligeros como el corcho o plástico.

## **1.3.5. Diseño de una bomba tipo espiral.**

Las ecuaciones para el diseño de una bomba tipo espiral estándar son como sigue (Tailer, 2005):

### **A) Diámetro de la primera espira o externa**

$$D_n = h_n \quad \dots (1)$$

Donde:

$D_n$  : Diámetro de la última espira n (m)

$h_n$  : Altura de descarga de la última espira n (m)

### **B) Altura de descarga de la última espira**

$$h_n = \frac{(P_{atm} + D_r) * D_r}{P_{atm} + h} \quad \dots (2)$$

Donde:

$P_{atm}$  : Presión atmosférica (*m. c. agua.*)

$D_r$  : Diámetro de la rueda (m)

$h_n$  : Altura de descarga de la última espira n (m)

$h$  : Altura total de descarga (m)

### C) Número de espiras

$$n_e = \frac{2h}{D_{rueda} + h_n} \quad \dots (3)$$

Donde:

$n_e$  : número de espiras

*Numero de Espiras: Es la cantidad de vueltas que tendrá el espiral.*

### D) Número de espiras reales

$$n_{re} = n_e * 1,20 \quad \dots (4)$$

Donde:

$n_{re}$  : número real de espiras

### E) Velocidad de la pala

$$V_p = V_c \cdot C_v \quad \dots (5)$$

Donde:

$V_p$  : Velocidad de la pala (m/s)

$V_c$  : Velocidad del canal (m/s)

$C_v$  : Coeficiente de velocidad

### F) Profundidad de pala no sumergida

$$H_{s-no} = \left(\frac{D_r}{2}\right) * (1 - H_s) \quad \dots (6)$$

Donde:

$H_{s-no}$  : Profundidad de pala no sumergida (m)

$D_r$  : Diámetro de la rueda (m)

$H_s$  : Altura de sumersión (m)

### G) Velocidad angular de la rueda hidráulica

$$N_c = \frac{V_p}{H_s - n_o * 2\pi} \quad \dots (7)$$

Donde:

$N_c$  : Velocidad angular (RPS)

### H) Caudal de salida de la espiral:

$$Q_s = \pi * r^2 * \pi * D_r * N_c \quad \dots (8)$$

Donde:

$Q_s$  : Caudal de salida ( $m^3/s$ )

$r$  : Radio del tubo en espiral (m)

$D_r$  : Diámetro de la rueda (m)

$N_c$  : Velocidad angular (rps)

## 1.4. Formulación del problema

¿Cuáles serán las características técnicas y geométricas de una bomba tipo espiral para la irrigación de cultivos a 5 metros de desnivel en el centro poblado La Cría - Lambayeque?

## 1.5. Justificación e importancia del estudio

### 1.5.1. Justificación Técnica.

La bomba tipo espiral no ha sido aún diseñada o fabricada en el país, por tanto, este proyecto representa el primer equipo de este tipo insertado en el sistema de la agricultura peruana. En el futuro, este trabajo serviría como un referente para los investigadores o tecnólogos.

### 1.5.2. Justificación Económica.

La bomba tipo espiral al no utilizar electricidad o combustible ahorra en el costo total de riego, el costo de mantenimiento de esta bomba es muy bajo casi nulo al tener pocas partes móviles, logrando así ser una solución sostenible y rentable para el bombeo de agua para riego.

### **1.5.3. Justificación Ambiental.**

La bomba tipo espiral es un proyecto innovador el cual no utiliza electricidad y no requiere de ningún tipo de combustible pues solo utiliza la energía de la corriente del río. También, la bomba tipo espiral ayuda a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la sustitución de las bombas de motores petroleros convencionales utilizados para el riego. Como no hay ninguna fuente externa de energía no emite gases nocivos por lo tanto es favorable al medio ambiente.

### **1.5.4. Justificación Social.**

La bomba tipo espiral es una ayuda sostenible para los agricultores los cuales no tendrán preocupación alguna, ya que el suministro de agua es las 24 horas del día, es de gran ayuda para que los cultivos crezcan y no se marchiten ayudando así a mejorar la seguridad alimentaria.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General.**

Diseñar una bomba tipo espiral para la irrigación de cultivos en el centro poblado La Cría – Lambayeque para reducir costos en la producción agrícola.

### **1.6.2. Objetivos Específicos.**

- i. Identificar y expresar en términos ingenieriles las necesidades de los agricultores.
- ii. Elaborar 6 conceptos alternativos con potencial para brindar solución al problema de irrigación y seleccionar el concepto óptimo mediante una matriz de criterios ponderados.
- iii. Dimensionar y seleccionar el material adecuado para la bomba tipo espiral de acuerdo a normativa, estándares o recomendaciones encontradas.
- iv. Realizar un diseño paramétrico de las partes/sistemas críticos de la bomba tipo espiral.
- v. Seleccionar los componentes estándar de la bomba tipo espiral.
- vi. Realizar el estudio económico de la bomba tipo espiral (PRESUPUESTO, TIR, VAN, ROI)

# **CAPITULO 2**

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Tipo y Diseño de la investigación**

**Tipo:** Descriptivo

**Diseño:** Investigación cuasi-experimental

#### **2.1.1. Metodología de diseño.**

La metodología de diseño empleada en esta investigación se basó en los modelos propuestos por los investigadores (Eggert, 2010; Dieter & Schmidt, 2013), y consta de los pasos que se indican a continuación. Así mismo en la Figura N° 7 se muestra el diagrama de flujo de la metodología de diseño empleada.

#### **Paso 1: Identificar las necesidades de los agricultores**

Se realizó encuestas a los pobladores del centro poblado la cría para identificar sus necesidades.

#### **Paso 2: Formulación de problemas del diseño**

Se expresaron en términos ingenieriles las necesidades de los pobladores y con esto se realizará un cuadro detallando las características de diseño de la bomba tipo espiral.

#### **Paso 3: Diseño conceptual**

Se elaboraron 6 conceptos alternativos con potencial para brindar solución al problema de irrigación y se seleccionara el concepto óptimo mediante una matriz de criterios ponderados.

#### **Paso 4: Diseño paramétrico**

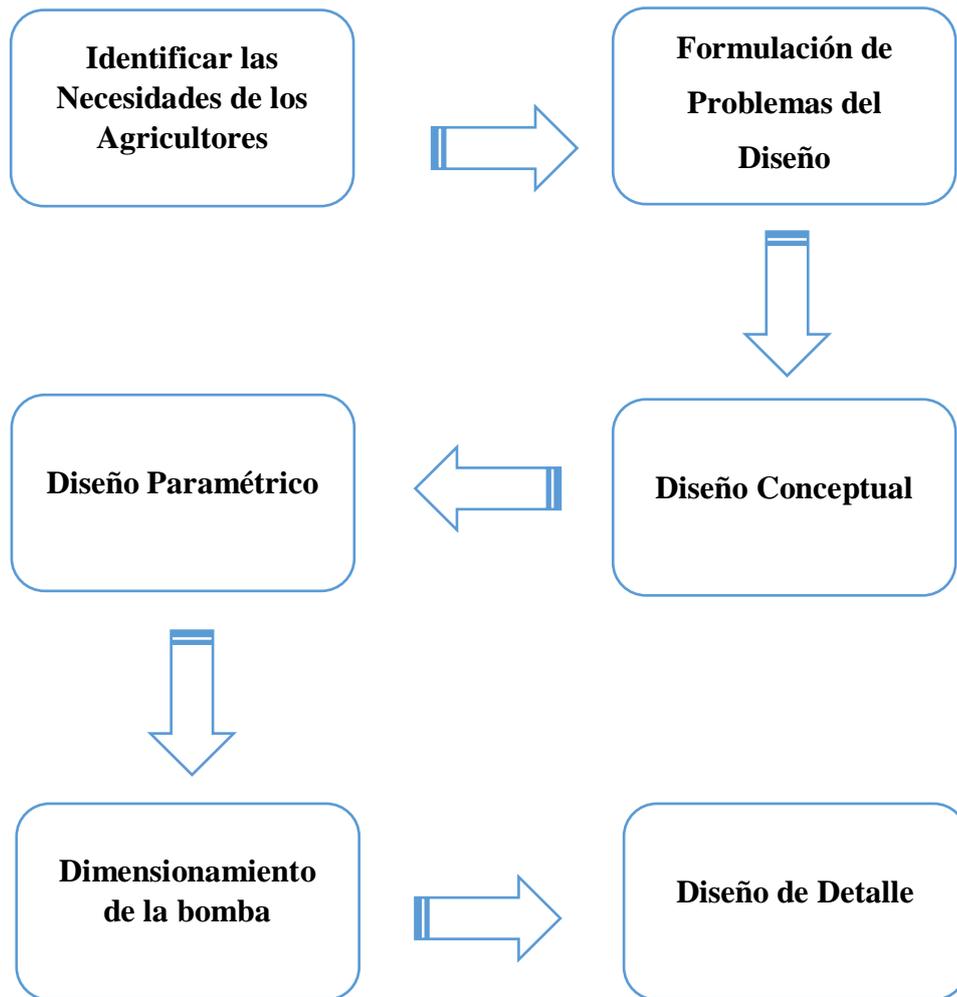
Se realizó el diseño paramétrico para los sistemas fundamentales debido a su impacto en el efecto de conseguir que el agua sea enviada a la altura requerida.

### **Paso 5: Dimensionamiento de la bomba**

Se dimensionarán las partes del concepto más óptimo elegido para el diseño de la bomba tipo espiral.

### **Paso 6: Diseño de detalle**

Se elaboraron los planos de la bomba tipo espiral.



**Figura 7.** Diagrama de flujo de la Metodología de diseño empleada  
**Fuente:** Propia

## 2.2. Variables y operacionalización

### 2.2.1. Variables.

El presente trabajo de investigación aplicada es un diseño de ingeniería asociado a una metodología. Debido a ello, se utilizarán variables dependientes e independientes.

En la sección “1.3.4. Partes de una bomba tipo espiral” nombra los sistemas de la bomba espiral, los sistemas principales de este son: Sistema hidráulico, Sistema de chasis, Sistema del eje y Sistema de flotadores de la bomba tipo espiral; de estos, los Sistemas de hidráulica, chasis y eje serán sometidos al diseño paramétrico porque son sistemas fundamentales debido a su impacto en el efecto de conseguir que el agua sea enviada a la altura requerida en los cultivos de La Cria- Lambayeque.

#### **2.2.1.1. Variables para el Sistema hidráulico de la bomba tipo espiral.**

*Variables Independientes:*

- Diámetro de la rueda,  $D_r$  (m)
- Diámetro de la tubería para las espiras,  $D_t$  (mm)
- Numero de real de espiras,  $n_{re}$  (adim.)

*Variables Dependientes:*

- Caudal de salida,  $Q_s$  (m<sup>3</sup>/s)
- Desnivel máximo,  $h_{max}$  (m)

El diagrama de caja para este sistema se puede apreciar en la Figura N°8

#### **2.2.1.2. Variables para el Sistema de Chasis de la bomba tipo espiral.**

*Variables Independientes:*

- Fuerzas sobre la estructura (N)
- Material de la estructura (adim.)
- Sección recta de la estructura (mm)

*Variables Dependientes:*

- Factor de seguridad global por esfuerzo,  $F_{se}$  (adim.)
- Factor de seguridad global por deformación,  $F_{sd}$  (adim.)

El diagrama de caja para este sistema se puede apreciar en la Figura N°9

### ***2.2.1.3. Variables para el Sistema del eje de la bomba tipo espiral.***

*Variables Independientes:*

- Fuerzas sobre el eje. (N)
- Torques sobre el eje (N.m)
- Material del eje (adim.)

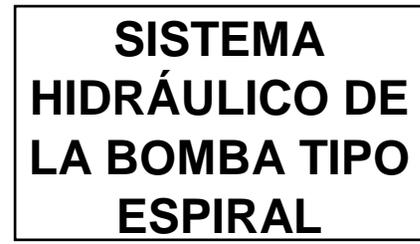
*Variables Dependientes:*

- Diámetro del eje  $d$  (mm)
- Factor de seguridad global por esfuerzo,  $F_{se}$  (adim.)
- Factor de seguridad global por deformación,  $F_{sd}$  (adim.)

El diagrama de caja para este sistema se puede apreciar en la Figura N°10

**VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Diámetro de la rueda,  $D_r$  (m)
- Numero de Espiras,  $n_e$  (adim.)
- Diámetro de la tubería para las espiras,  $D_t$  (mm)
- Velocidad del canal (m/s)



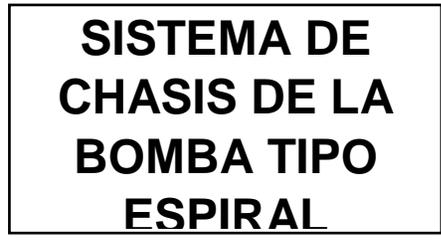
**VARIABLES DEPENDIENTES**

- Desnivel,  $h_{max}$  (m)
- Caudal de salida,  $Q_s$  ( $\frac{m^3}{s}$ )

*Figura 8.* Diagrama de caja negra del sistema hidráulico  
Fuente: Propia

**VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Fuerzas sobre la estructura, (N)
- Sección recta de la estructura, (mm)
- Material de la estructura, (adim.)



**VARIABLES DEPENDIENTES**

- Factor de seguridad global por esfuerzo,  $F_{s_e}$  (adim.)
- Factor de seguridad global por deformación,  $F_{s_d}$  (adim.)

*Figura 9.* Diagrama de caja negra del sistema de chasis  
Fuente: Propia

**VARIABLES INDEPENDIENTES**

Fuerzas sobre el eje, (N)

Torques sobre el eje, (N.m)

Material del eje (adim.)



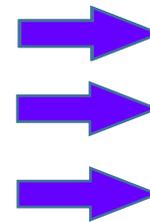
**SISTEMA DEL EJE  
DE LA BOMBA  
TIPO ESPIRAL**

**VARIABLES DEPENDIENTES**

Factor de seguridad  
global por esfuerzo,  $F_{s_e}$

Factor de seguridad global  
por deformación,  $F_{s_d}$  (adim.)

Diámetro del eje (mm)



*Figura 10.* Diagrama de caja negra del sistema del eje  
Fuente: Propia

## 2.2.2. Operacionalización.

### 2.2.2.1. Sistema hidráulico de la bomba tipo espiral.

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables para el Sistema hidráulico de la Bomba tipo espiral*

*Fuente: Propia*

	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA	ÍNDICE
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	Diámetro de la tubería para las espiras	Es el diámetro de la tubería que forma la espira por donde circulará el agua para ser bombeada.	$D_t = L$	Longitud (L)	m	L
	Diámetro de la rueda	Es el diámetro de la rueda hidráulica.	$D_r = L$	Longitud (L)	m	L
	Velocidad del canal	Es la velocidad del agua que impulsará la bomba.	$V_c = \frac{L}{T}$	Longitud (L) Tiempo (t)	m s	L t
	Número de espiras	Es la cantidad de vueltas del espiral.				
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	Caudal de salida	Es la cantidad de fluido que circulará a la salida de la bomba tipo espiral por unidad de tiempo	$Q_s = \frac{L^3}{T}$	Volumen (V) Tiempo (t)	$m^3$ s	V t
	Desnivel máximo	Es la altura máxima bombeada	$h_{max} = L$	Altura (L)	m	L

2.2.2.2. Sistema de chasis de la bomba tipo espiral.

**Tabla 2**

Operacionalización de las variables para el Sistema de chasis de la Bomba tipo espiral.

Fuente: Propia

	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA	ÍNDICE
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	Fuerzas sobre la estructura	Es una magnitud vectorial, es toda causa capaz de cambiar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.	$F = \frac{M * L}{T^2}$	Masa (M)	kg	M
				Aceleración de la gravedad (g)	m/s <sup>2</sup>	g
	Sección recta de la estructura	Es el área que soportara las fuerzas que actúen sobre la estructura.	$S = L^2$	Área (S)	m <sup>2</sup>	S
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	Factor de seguridad global por esfuerzo	Es el cociente entre la resistencia de falla y el esfuerzo admisible	$\eta = \frac{M}{\frac{T^2 L}{M}}$	Resistencia de falla ( $S_y$ )	Pa	$S_y$
				Esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ )	Pa	$\sigma_{adm}$
	Factor de seguridad global por deformación	Es el cociente entre la resistencia de falla y el esfuerzo admisible	$\eta = \frac{M}{\frac{T^2 L}{M}}$	Resistencia de falla ( $S_y$ )	Pa	$S_y$
				Esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ )	Pa	$\sigma_{adm}$

### 2.2.2.3. Sistema del eje de la bomba tipo espiral.

**Tabla 3**

*Operacionalización de las variables para el Sistema del eje de la Bomba tipo espiral*

*Fuente: Propia*

	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA	ÍNDICE
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	Fuerzas sobre el eje	Es una magnitud vectorial, es toda causa capaz de cambiar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.	$F = \frac{M * L}{T^2}$	Masa (M)	kg	M
				Aceleración de la gravedad (g)	m/s <sup>2</sup>	g
	Torques sobre el eje	Es la capacidad de una fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto.	$T = \frac{M * L^2}{T^2}$	Masa (M)	kg	M
				Aceleración de la gravedad (g)	m/s <sup>2</sup>	g
				Longitud (L)	m	L
	<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	Factor de seguridad global por esfuerzo	Es el cociente entre la resistencia de falla y el esfuerzo admisible	$\eta = \frac{M}{\frac{T^2 L}{M}}$	Resistencia de falla ( $S_y$ )	Pa
Esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ )					Pa	$\sigma_{adm}$
Factor de seguridad global por deformación		Es el cociente entre la resistencia de falla y el esfuerzo admisible	$\eta = \frac{M}{\frac{T^2 L}{M}}$	Resistencia de falla ( $S_y$ )	Pa	$S_y$
				Esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ )	Pa	$\sigma_{adm}$
Diámetro del eje	Es una línea recta imaginaria que pasa por el centro y termina por ambos extremos de la circunferencia del eje.	$D = L$	Longitud (L)	m	L	

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Para efectos de este trabajo de investigación, se utilizaron técnicas de recolección de datos, con el propósito de obtener la información necesaria para el logro de los objetivos de la investigación. Las técnicas que vamos a utilizar son las siguientes:

#### **A) Observación**

La observación es una técnica muy importante, consiste básicamente en utilizar los sentidos para observar los hechos, realidades sociales y a las personas en su contexto cotidiano. El uso de esta técnica nos permitirá describir, conocer, comparar, y registrar datos para la investigación

Se realizará las visitas técnicas al centro poblado la Cría, y así nos permitirá determinar la problemática actual del centro poblado la Cría y a la vez determinaríamos, la calidad de vida de los ciudadanos, la geografía del río de dicho centro poblado y todos los panoramas posibles.

Se realizará una continua observación a través de visitas periódicas al centro poblado la Cría, donde se podrá encontrar evidencias de la necesidad que existe en cuanto al uso de bombas para su regadío, uso personal, etc. El uso de esta técnica nos ayudara para conocer y obtener información de una manera más directa sobre la situación del uso de las bombas en el centro poblado La Cría.

#### **B) Encuestas**

Esta técnica nos permitirá la obtención de información requerida para la investigación mediante la realización de preguntas realizadas por nosotros a los agricultores del centro poblado la Cría.

Se realizará por medio de preguntas sencillas e importantes a los pobladores del centro poblado La Cría con la finalidad de buscar información y opiniones acerca de la situación actual del uso de las bombas de agua.

#### **C) Información bibliográfica**

Se utilizará esta técnica para lograr una adecuada información y entendimiento acerca del tema. Las diferentes fuentes bibliográficas que se consultarán para la recopilación de información serán provenientes de internet, libros, leyes, tesis,

publicaciones, etc, para la correcta evaluación del diseño y fabricación de la bomba tipo espiral para el centro poblado La Cría.

#### **D) Análisis de documentos**

Se utilizará esta técnica para lograr el análisis de documentos (libros, leyes, tesis, publicaciones, etc.), para una adecuada información y entendimiento acerca del tema para la correcta evaluación del diseño y fabricación de la bomba tipo espiral y factibilidad técnico-económica para el centro poblado La Cría.

#### **2.3.1. Instrumentos de recolección de datos.**

- Cámara fotográfica
- Laptop
- Instrumentos de medición
- Celulares
- Internet
- Encuestas

#### **A) Guía de observación**

Las guías de observación las utilizaremos para documentar datos e información que necesitamos de interés del centro poblado La Cría, tales como, accesos al centro poblado, geografía, condiciones ambientales, demografía y medios de comunicación.

#### **B) Cuestionarios**

Se realizará cuestionarios para entrevistar a expertos en temas relacionados a instalaciones de bombas hidráulicas, y evaluaciones hídricas.

#### **C) Guía de anexos: Ver Anexo N° 1**

Se realizará a las autoridades y población.

### **2.3.2. Validación y confiabilidad de instrumentos.**

#### **2.3.2.1. Análisis estadístico de datos.**

El análisis estadístico se utilizará los elementos básicos de la estadística descriptiva, que incluyen tablas de distribución de frecuencias, promedios aritméticos simples y otras estadísticas generales.

### **2.4. Procedimientos de análisis de datos**

Para la recolección de datos se sigue los pasos que se indican a continuación. Así mismo en la Figura N° 11 se muestra el diagrama de flujo del procedimiento para el análisis de datos.

#### **Etapa 1: Elaboración de la encuesta**

Se elaborará preguntas a los agricultores del centro poblado La Cría detallando los datos específicos que necesitamos para una futura elaboración de la bomba tipo espiral.

#### **Etapa 2: Determinación del cronograma de encuesta**

Se determinará las fechas para la realización de la encuesta a los agricultores del centro poblado La Cría, los días para la encuesta respectiva serán de siete días.

#### **Etapa 3: Identificar la muestra, características y extensión**

Se identificará la muestra según el rango de hectáreas que cuenta cada agricultor para un conocimiento total del uso de las bombas del centro poblado La Cría.

#### **Etapa 4: Ejecución de la encuesta**

Se realizará la encuesta según el rango de hectáreas que cuenta cada agricultor del centro poblado La Cría para determinar su grado de satisfacción y opinión para una futura ejecución de la bomba tipo espiral.

#### **Etapa 5: Identificación de las necesidades de los agricultores**

Se identificará las necesidades de los agricultores para añadirlos como dato para una futura elaboración de la bomba tipo espiral.

**Etapa 6: Evaluación geográfica y ambiental**

Se realizará una vista de campo al centro poblado la Cría, para observar la realidad de dicho centro poblado y proponer soluciones a los problemas que pueden causar la geografía y clima para una futura elaboración de una bomba tipo espiral.

**Etapa 7: Evaluación del consumo de agua por agricultor**

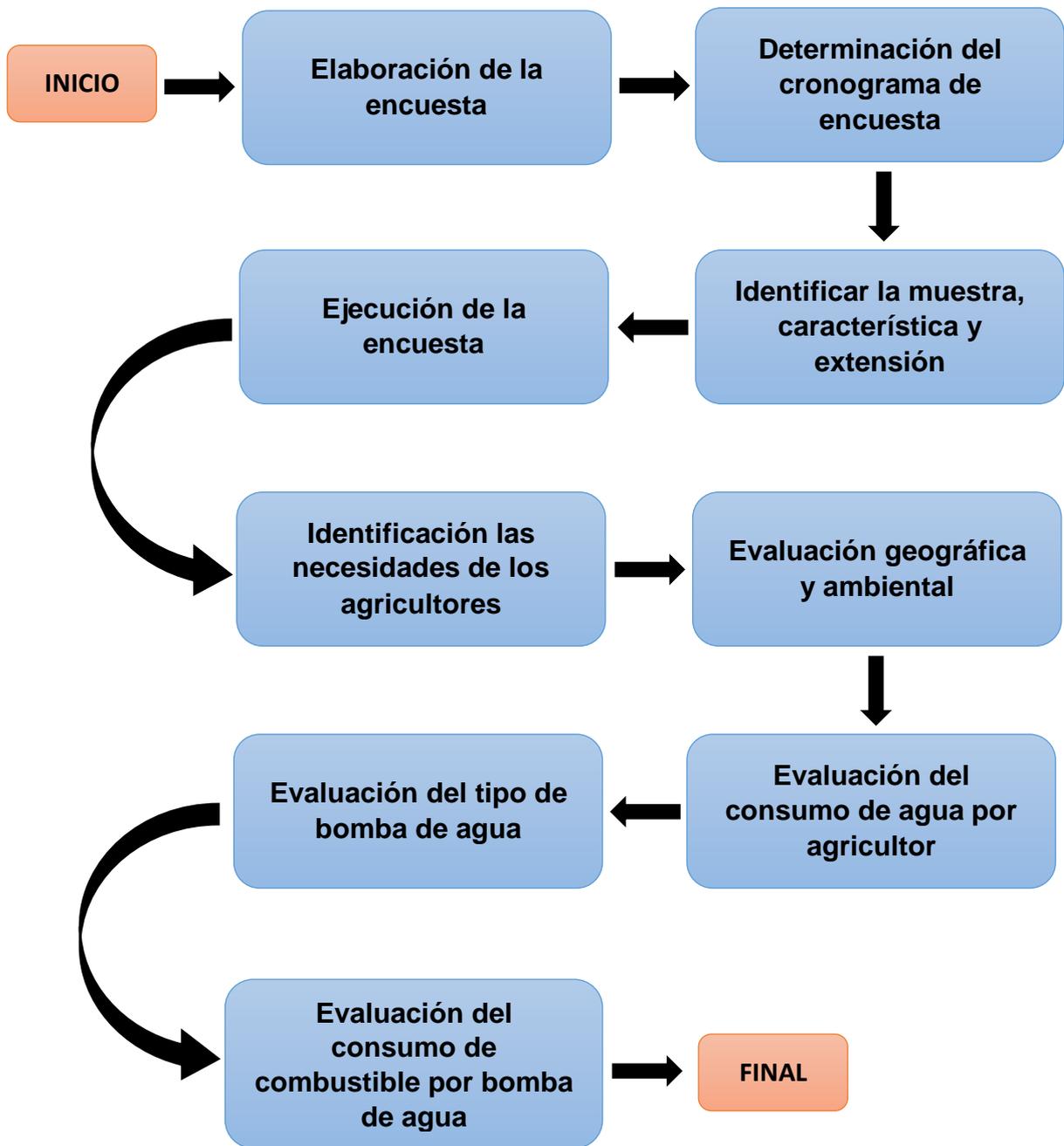
Se realizará una encuesta sobre el consumo de agua por agricultor con la intención de poder determinar el tiempo que demora en realizar el regadío de los cultivos.

**Etapa 8: Evaluación del tipo de bomba de agua**

Se realizará una encuesta sobre el tipo de bomba de agua que se utiliza en el centro poblado La Cría con la intención de poder determinar el tipo de combustible que utiliza y el gasto económico.

**Etapa 9: Evaluación del consumo de combustible por bomba de agua**

Se realizará una encuesta sobre el consumo de combustible de la bomba por agricultor según su rango de hectárea para realizar una comparación con la bomba tipo espiral y así el agricultor tenga su punto de vista.



**Figura 11.** Diagrama de flujo del Procedimientos para la recolección de datos.  
Fuente: Propia

## 2.5. Criterios éticos

Los criterios que tendremos en cuenta serán la base para nuestros valores personales como la responsabilidad, honestidad, dedicación y profesionalismo teniendo en cuenta el respeto a la ética profesional del colegio de ingenieros del Perú (CIP).

**Código de ética del CIP (Colegio de ingenieros del Perú) aprobada en la III SECCIÓN ORDINARIA del congreso nacional de consejos departamentales del periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23, 24 de abril de 1999.**

Art. 1 – los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales.

Art. 5 – los ingenieros cuidaran que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando un abuso o dispendio, respetaran y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

## 2.6. Criterios de rigor científico

En este proyecto se tendrán en cuenta los principios de validez, generalización, fiabilidad y replicabilidad.

**Validez.** Se tendrá cuidado de escoger variables relevantes y relacionadas al problema de investigación.

**Generalización.** En donde corresponda se intentará que la información extraída de una encuesta o entrevista este adecuadamente planeada y ejecutada.

**Fiabilidad.** Las mediciones cuando se obtengan corresponderán a una metodología meticulosa y científica.

**Replicabilidad.** Los protocolos y procedimientos estarán orientados a facilitar la repetición de la experiencia con la intención de alentar la contrastación de resultados en trabajos de investigación posteriores.

# **CAPITULO 3**

# **RESULTADOS**

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Resultado de la Encuesta de Necesidades de los agricultores**

Se realizó la encuesta a los agricultores de La Cría, los cuales tienen acceso al canal Taymi, se tuvo en consideración una muestra aleatoria de 22 personas, teniendo como resultado lo que se muestra a continuación. En la Tabla N° 4 se puede apreciar el resumen de las respuestas en las encuestas y en el Anexo N° 2 se brindan dos ejemplos de las mismas.

#### **Extensión de Propiedad (Hectáreas)**

Los agricultores pueden dividirse según la extensión de sus terrenos en:

- A) 11 personas cuentan con 3 ½ hectáreas
- B) 5 personas cuentan con 2 hectáreas
- C) 1 persona cuenta con 3 hectáreas
- D) 1 persona cuenta con 4 hectáreas

#### **Medio para obtener agua**

Los 22 encuestados utilizan como medio para obtener el agua las motobombas, ya sea de su propiedad o alquiladas.

#### **Combustible**

En todos los casos según la encuesta realizada el tipo de combustible que utilizan para su motobomba es el petróleo.

#### **Galones por día de riego**

Según las encuestas:

- A) 5 personas consumen 4 galones por día de riego.
- B) 3 personas consumen 7 galones por día de riego.
- C) 8 personas consumen 8 galones por día de riego.
- D) 1 persona consume 10 galones por día de riego.

### **Frecuencia de riego al mes**

Según las encuestas 19 agricultores riegan sus cultivos 4 veces al mes y 3 riegan sus cultivos 2 veces al mes.

### **Costo por galón en soles**

El costo del petróleo para los agricultores del centro poblado La Cría es de S/. 11.50 (precio fijado por los grifos ubicados en Pátapo y La Cría).

### **Costo por transporte**

Los agricultores del centro poblado La Cría utilizan el combustible del grifo ubicado en Pátapo o el grifo de La Cría, y para su transporte gastan S/. 4.00.

### **Características de la bomba utilizada**

Los encuestados tienen bombas que brindan un caudal entre 30 – 50 m<sup>3</sup>/h. Utilizan la bomba durante 6 a 8 horas cuando riegan sus cultivos, el método de riego es por inundación.

### **Costo mantenimiento de sistema de bombeo**

Los agricultores gastan 480 soles en el mantenimiento de sus bombas, este mantenimiento se ha evaluado a 800 horas de funcionamiento es decir dos años aproximadamente (Ver Anexo 2).

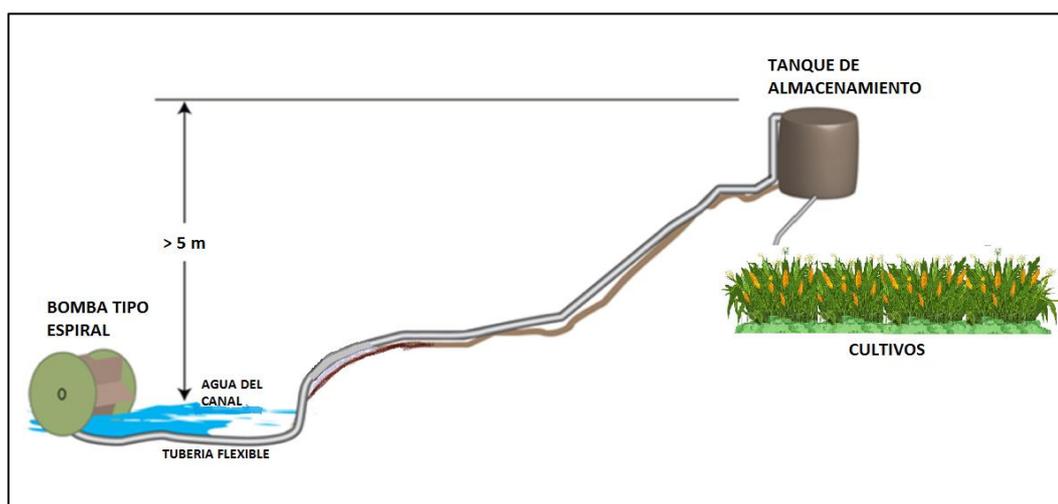
### **Caudal mínimo y máximo necesario**

Se estableció un caudal mínimo y máximo de acuerdo al caudal de las bombas utilizadas y a las horas de funcionamientos, tomando 8 horas de funcionamiento se obtuvo un caudal diario de 240 m<sup>3</sup>/día y 400 m<sup>3</sup>/día, este caudal sería el necesario por cada día de riego.

### Altura de bombeo

Para nuestro diseño el agua extraída del río será almacenada en un tanque, la altura de bombeo se considera desde la bomba tipo espiral flotante en el canal Taymi hasta el tanque de almacenamiento (Figura N° 12).

Para el diseño de la bomba tipo espiral se considerará un desnivel mínimo de 5 metros.



**Figura 12.** Diseño conceptual para el sistema de abastecimiento de la bomba tipo espiral.  
**Adaptado de:** Thompson et.al., 2011

**Tabla 4***Datos obtenidos de la encuesta realizada a los 22 agricultores del centro poblado La Cría.**Fuente: Propia*

DATOS DE LA ENCUESTA								
Encuestado	Hectareas	Galones por Día	Frecuencia de riego al mes	Galones por mes	Costo por galon en soles	Costo por transporte	Costo por mes	Costo anual
1	1/2	1	3	3	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 38.50	S/. 462.00
2	1/4	5	2	5	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 61.50	S/. 738.00
3	3/4	7	2	14	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 165.00	S/. 1,980.00
4	2	4	4	16	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 188.00	S/. 2,256.00
5	2	4	4	16	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 188.00	S/. 2,256.00
6	2	4	4	16	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 188.00	S/. 2,256.00
7	2	4	4	16	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 188.00	S/. 2,256.00
8	2	4	4	16	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 188.00	S/. 2,256.00
9	2 1/2	5	4	20	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 234.00	S/. 2,808.00
10	3	7	4	28	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 326.00	S/. 3,912.00
11	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
12	3 1/2	7	4	28	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 326.00	S/. 3,912.00
13	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
14	3 1/2	6	4	24	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 280.00	S/. 3,360.00
15	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
16	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
17	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
18	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
19	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
20	3 1/2	6	4	24	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 280.00	S/. 3,360.00
21	3 1/2	8	4	32	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 372.00	S/. 4,464.00
22	4	10	2	20	S/. 11.50	S/. 4.00	S/. 234.00	S/. 2,808.00

### 3.2. Diseño Conceptual

Luego de revisada la bibliografía asociada a los diferentes tipos de bomba espiral se seleccionaron los siguientes 6 conceptos.

#### Concepto N° 1: Bomba tipo espiral de tambor

Este concepto es una adecuación de Fraenkel (Fraenkel, P. L, 1986). Es una bomba tipo espiral que cuenta con un tambor cilíndrico en el cual se enrolla la tubería flexible. El tambor esta acoplado a la rueda hidráulica la cual le trasmite la energía para que este se mueva. Cuenta con una estructura flotante donde se instala el sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 13.

#### Ventajas

Alto rendimiento.

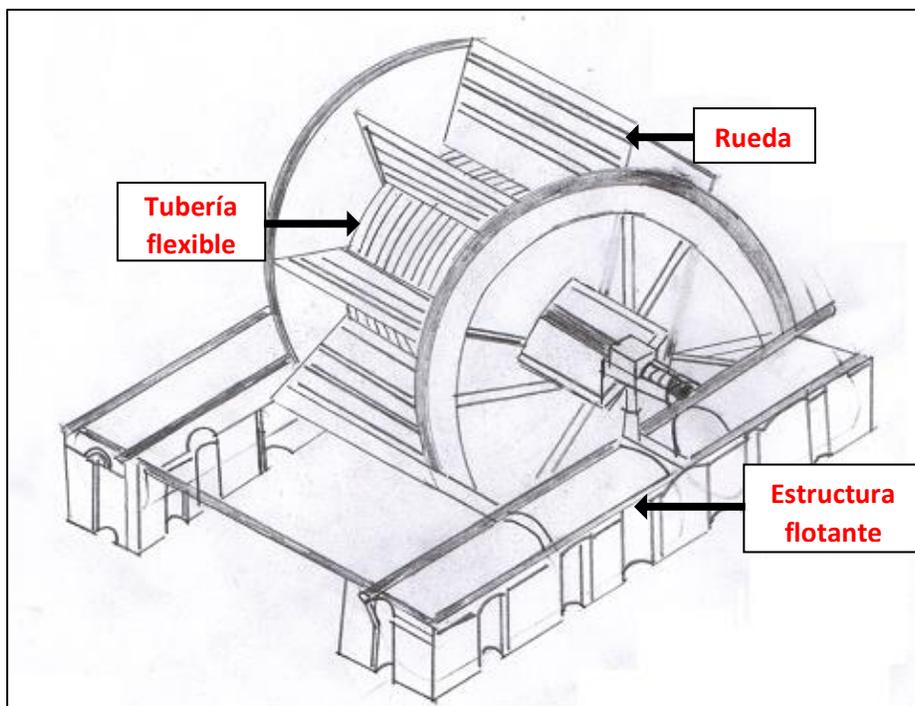
Aprovecha al máximo la energía cinética del agua.

Puede flotar establemente en el agua.

#### Desventajas

Altura de bombeo limitada.

El tambor debe ser de mayor longitud para poder bombear agua a grandes desniveles.



*Figura 13.* Bomba tipo espiral de tambor

**Fuente:** Propia

## Concepto N° 2: Bomba tipo espiral por cadena.

Este concepto es una adecuación de Thompson et. al. (Thompson et. al., 2011). Es una bomba tipo espiral que cuenta con dos ruedas hidráulicas, los engranajes del conductor están unidos al eje de la rueda principal (la que genera el movimiento), los engranajes accionados están unidos al eje sólido que está conectado a la rueda espiral (de una capa de espiras) por medio de transmisión por cadena y cuenta con una estructura flotante donde se instala este sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 14.

### Ventajas

El agua se puede levantar a una altura más alta.

No se requiere sistema de drenaje para la transferencia de agua.

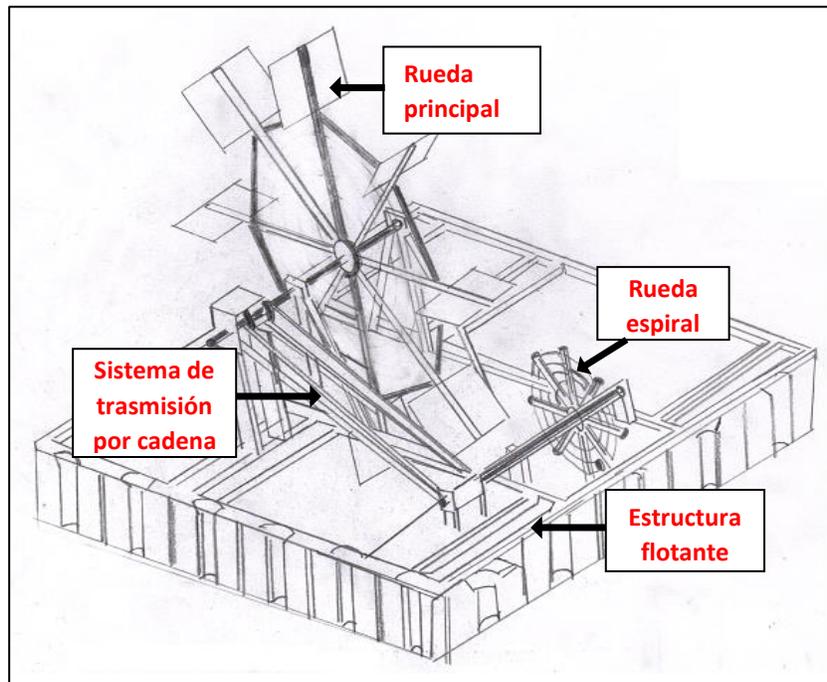
El mantenimiento se realiza de manera independiente.

### Desventajas

Gasto del proyecto demasiado alto.

A medida que la velocidad del río varía afecta la velocidad general de la rueda, la descarga de la bomba y para esa dificultad se requiere una caja de engranajes.

Existe pérdidas de energía por el sistema de transmisión.



**Figura 14.** Bomba tipo espiral con sistema de transmisión por cadena.

**Fuente:** Propia

### Concepto N° 3: Bomba tipo espiral simple

Este concepto es una adecuación de Praveen & Harshal (Praveen & Harshal, 2016). Es una bomba tipo espiral que consta de una capa de espiras la cual tiene rayos como soporte, para la transmisión de movimiento se les acopla a estos rayos unas palas rectangulares y cuenta con una estructura flotante donde se instala el sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 15.

#### Ventajas

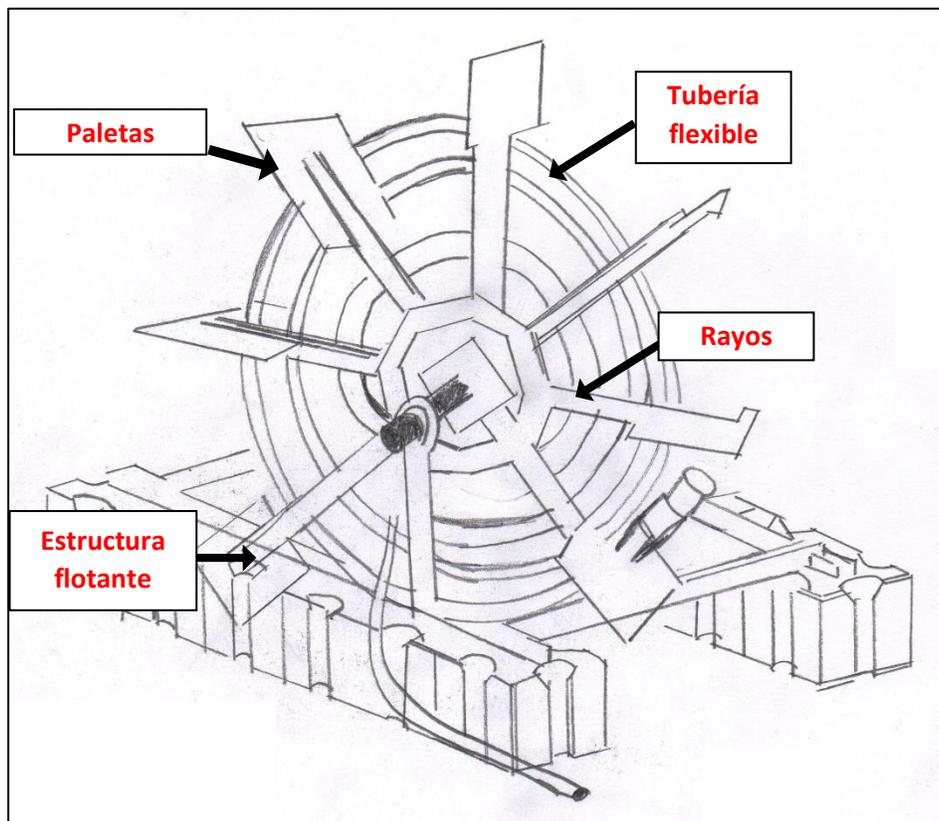
Fácil construcción.

Muy económica.

#### Desventajas

Altura de bombeo limitada.

Poca estabilidad en el agua.



*Figura 15.* Bomba tipo espiral simple  
**Fuente:** Propia

#### **Concepto N° 4: Bomba tipo espiral con rueda hidráulica**

Este concepto es una adecuación de Thompson et. al. (Thompson et. al., 2011). Es una bomba tipo espiral que cuenta con una capa de espiras soportada por una estructura que se encuentra acoplada al eje de la rueda hidráulica (la que genera el movimiento). Cuenta con una estructura flotante donde se instala el sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 16.

#### **Ventajas**

Fácil mantenimiento.

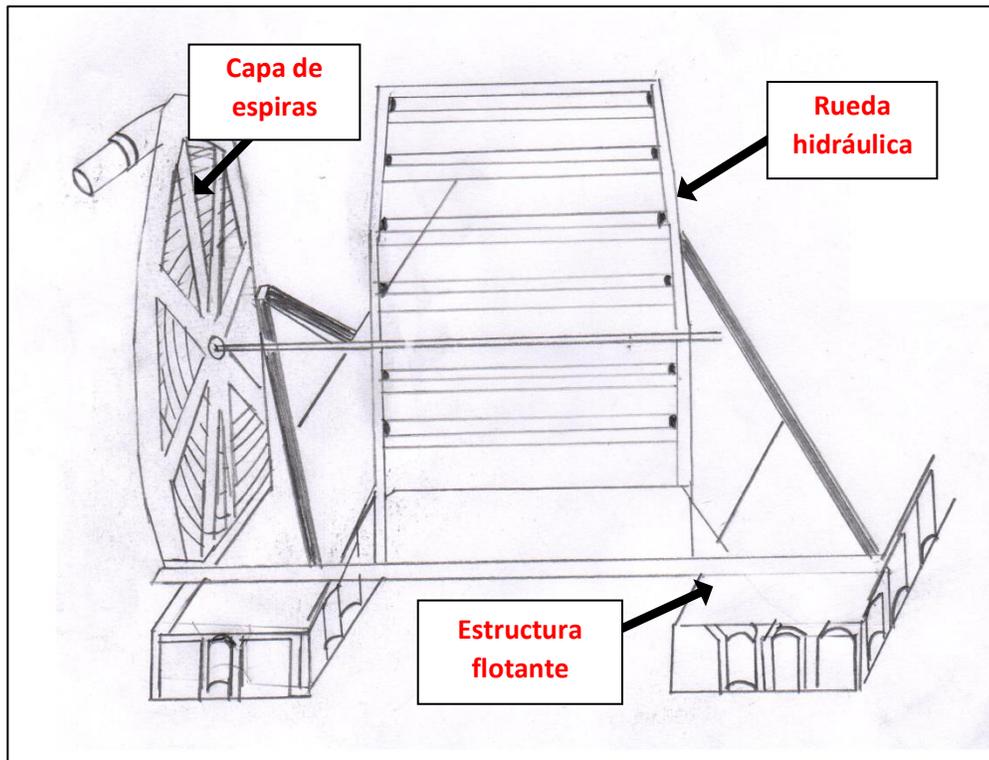
Menor costo de inversión.

#### **Desventajas**

Descompensación en la estructura.

Vibración excesiva en la máquina.

Desgaste en los accesorios de la tubería.



**Figura 16.** Bomba tipo espiral con rueda hidráulica

**Fuente:** Propia

### **Concepto N° 5: Bomba tipo espiral con una capa de espiras**

Este concepto es una adecuación de Da Rocha (Da Rocha. J, 2014). Es una bomba tipo espiral que cuenta con una capa de espiras acoplada a la rueda hidráulica (la que genera el movimiento), esta capa de espiras gira al mismo tiempo que la rueda, logrando bombear el agua. Cuenta con una estructura flotante donde se instala el sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 17.

#### **Ventajas**

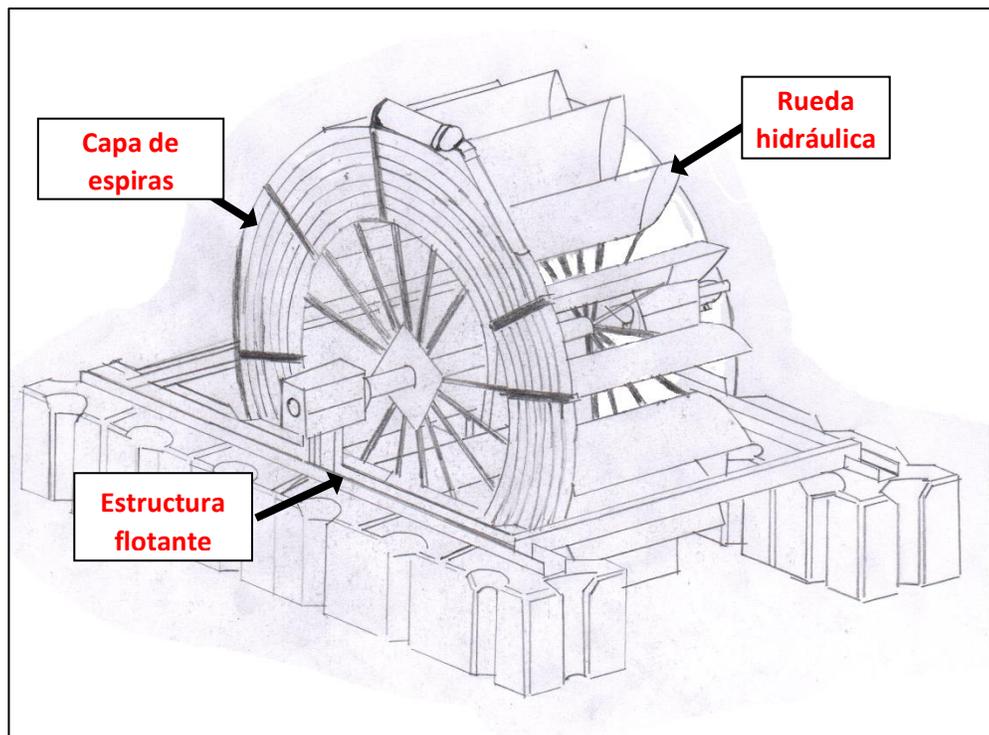
Fácil mantenimiento.

Estabilidad en el agua.

#### **Desventajas**

Descompensación en la estructura.

Desgaste de accesorios.



**Figura 17.** Bomba tipo espiral con una capa de espiras  
**Fuente:** Propia

### Concepto N° 6: Bomba tipo espiral con dos capas de espiras

Este concepto es una adecuación de Da Rocha (Da Rocha. J, 2014). Es una bomba tipo espiral que cuenta con dos capas de espiras acoplada a cada lado de la rueda hidráulica (la que genera el movimiento), estas capas de espiras giran al mismo tiempo que la rueda, logrando bombear el agua. Cuenta con una estructura flotante donde se instala el sistema. El diseño de este tipo de bomba espiral se muestra en la Figura N° 18.

#### Ventajas

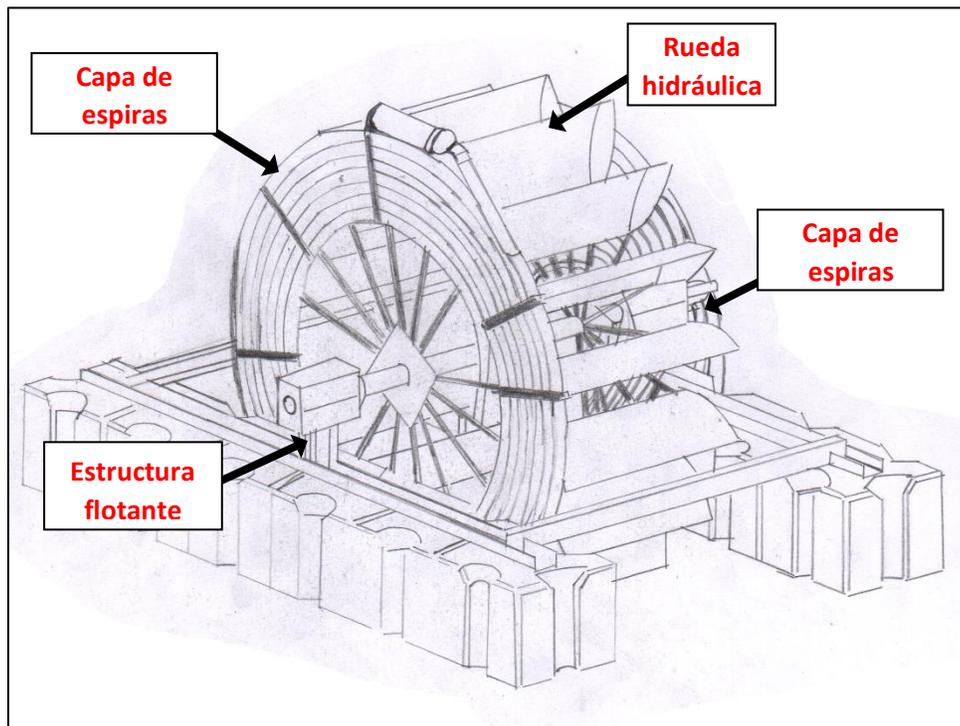
Fácil mantenimiento.

Estabilidad en el agua.

No existe descompensación en la estructura.

#### Desventajas

Costo elevado.



**Figura 18.** Bomba tipo espiral con dos capas de espiras

**Fuente:** Propia

### **3.2.1. Determinación de Criterios Ponderados.**

Se consideraron los criterios indicados en la (Tabla N° 5 y Tabla N° 6) mediante una matriz ponderada de selección para la evaluación óptima de las bombas de tipo espiral para irrigación de cultivos del centro poblado La Cría. Obteniendo como criterios a evaluar lo siguiente:

**Costo:** Este criterio permite evaluar el costo que se generaría para poder fabricar la bomba de tipo espiral.

**Estabilidad del sistema:** Este criterio permite evaluar el contrapeso que existe en los diferentes sistemas para poder seleccionar la estructura flotante.

**Mantenimiento:** Este criterio se determinó debido a la necesidad de poder realizar un adecuado mantenimiento a la bomba tipo espiral

**Seguridad:** Este criterio nos permite evaluar la seguridad con la que se diseñara la bomba de tipo espiral.

**Tamaño:** Este criterio permite evaluar el tamaño de la bomba de tipo espiral para así lograr una adecuada ubicación.

El cuadro de la selección de la alternativa más óptima mediante una matriz ponderada de selección se encuentra en la Tabla N° 7.

Los indicadores, fueron elegidos de acuerdo a los criterios más sobresalientes. La puntuación obtenida de la matriz de selección ponderada indica que el concepto de Bomba tipo espiral con dos capas de espiras es el más adecuado. Por lo tanto, el concepto seleccionado será la base de solución conceptual para el diseño.

#### **3.2.1.1. Explicación.**

Se asignó la respectiva calificación en porcentaje de cada criterio en la Tabla N° 5 guiándose de la importancia de cada criterio.

La matriz de selección ponderada cuenta con los criterios de selección que son costo, estabilidad del sistema, mantenimiento, seguridad y tamaño, los cuales evaluarán a las seis alternativas de concepto. A los diferentes criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada concepto es la siguiente:

Poco satisfecho (2); Satisfecho (4); Muy satisfecho (6), y la puntuación ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios.

**Tabla 5**

*Ponderado de los criterios considerados para la matriz de selección*

*Fuente: Propia*

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO (%)*
Costo	30
Estabilidad del sistema	20
Mantenimiento	30
Seguridad	10
Tamaño	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

\*Explicado en la sección 3.2.1.1.

**Tabla 6**

*Puntuación de los criterios considerados para la matriz de selección*

*Fuente: Propia*

INDICADORES	
PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN*
2	Poco satisfecho
4	Satisfecho
6	Muy satisfecho

\*Explicado en la sección 3.2.1.1.

**Tabla 7**

*Selección de la alternativa más óptima mediante una matriz ponderada de selección*

*Fuente: Propia*

<b>DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL</b>		<b>Bomba tipo espiral de tambor</b>		<b>Bomba tipo espiral por cadena</b>		<b>Bomba tipo espiral simple</b>		<b>Bomba tipo espiral con rueda hidráulica</b>		<b>Bomba tipo espiral con una capa de espiras</b>		<b>Bomba tipo espiral con dos capas de espiras</b>	
criterio	Pondera do (%)	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado
Costo	30	2	0.6	2	0.6	6	1.8	2	0.6	2	0.6	2	0.6
Estabilidad	20	6	1.2	4	0.8	2	0.4	2	0.4	4	0.8	6	1.2
Mantenimiento	30	4	1.2	2	0.6	4	1.2	4	1.2	6	1.8	6	1.8
Seguridad	10	6	0.6	4	0.4	2	0.2	4	0.4	6	0.6	6	0.6
Tamaño	10	2	0.2	2	0.2	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4
<b>Total</b>	<b>100</b>	20	<b>3.8</b>	14	<b>2.6</b>	18	<b>4</b>	16	<b>3</b>	22	<b>4.2</b>	24	<b>4.6</b>

### **3.3. Dimensionamiento de la bomba**

#### **3.3.1. Recomendaciones de diseño para Bombas tipo espiral.**

Luego de realizada la búsqueda a nivel mundial de códigos, normas y estándares de diseño se determinó la inexistencia de estos. Por tanto, se procedió a extraer las recomendaciones de diseño de los artículos de investigación que se muestran en la Tabla N° 8.

#### **3.3.2. Hoja de especificaciones de ingeniería.**

Luego de realizadas las encuestas y consultadas las recomendaciones de diseño se delinearon los rangos más recomendables para el diseño de esta bomba tipo espiral. El resultado se puede apreciar en la Tabla N° 9

##### ***3.3.2.1. Diámetro de la rueda.***

Para el diseño de bombas tipo espiral los autores consideran el diámetro de la rueda menor a 2 metros, puesto que la rueda no debe ser de grandes dimensiones para que sea manejable por los agricultores, y también para facilitar su mantenimiento.

##### ***3.3.2.2. Altura de sumersión de la rueda.***

La altura de sumersión máxima de la rueda es de 1/3 del diámetro de la rueda y se tomó de las recomendaciones de diseño.

##### ***3.3.2.3. Diámetro de la tubería.***

El diámetro de la tubería según las recomendaciones, deben tomarse diámetros comerciales de tuberías de poliuretano.

##### ***3.3.2.4. Álabes de rueda hidráulica.***

La geometría de los álabes será plana, igual a la bibliografía revisada.

**Tabla 8***Recomendaciones de diseño para Bombas tipo espiral**Fuente: Propia*

<b>ASPECTO/CRITERIOS</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>	<b>FUENTE</b>
<b>MATERIAL</b>	Se recomienda usar un eje y chumaceras inoxidable.	<b>Terán, 2012</b>
	Se recomienda utilizar mangueras de poliuretano negro por su bajo costo y mayor durabilidad y resistencia al calor del sol que las transparentes	
	Para la construcción de la rueda hidráulica se recomienda utilizar acero inoxidable AISI 304. Es recomendable utilizar un material versátil y de fácil adquisición para su posterior reparación.	<b>Cáceres, 2015</b>
	Se recomienda utilizar rodamientos rígidos de bolas ya que requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Son muy económicos.	
	Rodamientos sellados con goma	<b>Patil et. al., 2014</b>
	Se debe tener especial cuidado en fabricar la junta rotativa para evitar fugas.	
	Para evitar la deformación, este eje tiene que ser de acero laminado.	<b>Thompson et. al., 2011</b>
	Para que la bomba de bobina sea realmente sostenible con el tiempo, se debe tener especial cuidado en fabricar la junta giratoria.	
	El material utilizado para el eje y las palas depende del flujo del río. Si el agua de flujo es baja, podemos utilizar materiales livianos para el diseño que pueden aumentar las rpm de la rueda.	<b>Praveen &amp; Harshal, 2016</b>

<b>GEOMETRÍA</b>	La toma de admisión de la bomba normalmente está hecha de una tubería de mayor diámetro y se puede usar para variar la cantidad de agua que se toma con cada revolución.	<b>Thompson et. al., 2011</b>
	Se recomienda utilizar una llave de paso al final la tubería donde el agua choca con los álabes de la rueda, con el fin de regular el caudal en épocas de invierno y verano.	<b>Cáceres, 2015</b>
	El tamaño más alto para tubería de bobina es más susceptible al fenómeno de soplado y por lo tanto son menos eficaces en cabezales medianos y altos.	<b>Morgan, 1984</b>
	El tubo de poliuretano puede estar colocado en ambos lados de la rueda de forma que se puede extraer la doble cantidad de agua.	<b>Praveen &amp; Harshal, 2016</b>
	Diseñar el eje hueco ya que por ahí se suministrará el agua hacia la tubería de descarga de la unión giratoria.	
	El tamaño de la pala debe ser igual a la mitad del diámetro de la rueda. La velocidad de la rueda aumenta a medida que aumenta el tamaño de las palas.	
	El tubo en espiral debe ser aproximadamente tres veces más largo que la altura a la que se bombea.	
	La rueda tiene que sumergirse máximo a 1/3 de su diámetro total en el agua para que pueda absorber la mayor cantidad posible de agua. Por lo tanto el alto de la pala no debe exceder la tercera parte del diámetro de la rueda.	
La bomba se asemeja a una rueda de admisión inferior (Ruedas de corriente), para el aprovechamiento de la corriente por lo menos deben haber dos palas sumergidas.	<b>(Ramón y Vallejo, 2005)</b>	

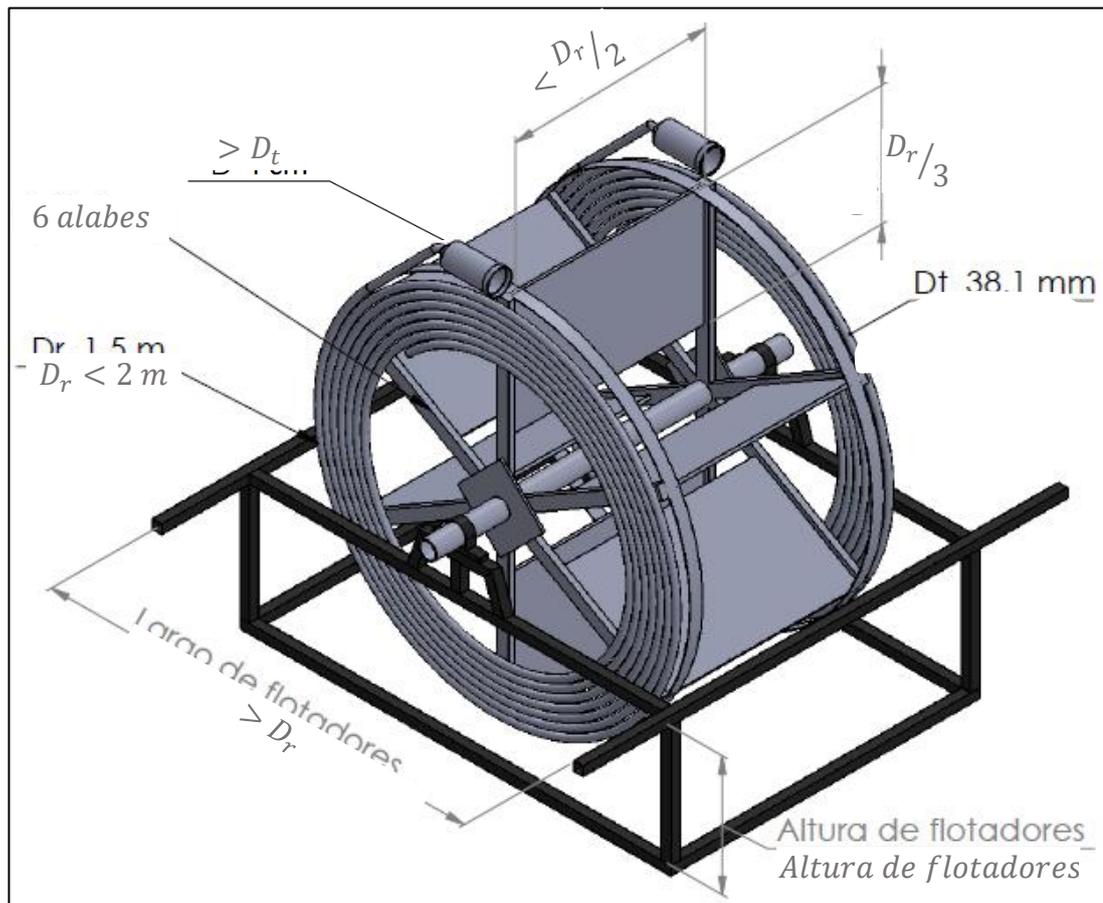
<b>TÉCNICA</b>	Monitoreo diario de la bomba y el sistema de anclaje para la acumulación de desechos del río.	<b>Thompson et. al., 2011</b>
	El caudal será cero cuando la bomba esté totalmente sumergida o completamente fuera del agua	<b>Patil et. al., 2014</b>
	El diseño del eje hueco se hace sobre la base de la teoría de Tresca, I.D y O.D	
	Con una relación sumergida del 70% y una velocidad de rotación de 60 rpm, la descarga cae repentinamente a cero	
	Con aumento de la velocidad de rotación, la descarga aumenta.	
	La eficiencia aumenta con el aumento de la velocidad y el tamaño de la tubería.	<b>Praveen &amp; Harshal, 2016</b>
	Como la rueda de agua y la espiral necesitan sumergirse en el agua, la bobina tiene que tener el mismo diámetro que las palas.	
	Al aumentar la relación de sumersión aumenta la velocidad de flujo de la bomba hasta que alcanza su máximo dependiendo de la velocidad de rotación de la bomba, luego disminuye a cero cuando la bomba está completamente sumergida.	<b>Kassab, S. Z., Naby, A. A., &amp; El Sayed, I. (2005).</b>
	La relación de sumersión tiene un efecto menor en la altura máxima estática de la bomba, es casi constante pero disminuye drásticamente a cero cuando la relación sumergida de la bomba alcanza el 100%.	
	Se obtienen ligeros cambios para la altura estática de la bomba cuando cambia la velocidad de rotación de la bomba.	
El aumento del número de bobinas aumenta la altura de la bomba mientras que la descarga de la bomba es casi constante.		

**Tabla 9***Especificaciones de ingeniería.**Fuente: Propia*

<b>SUB- FUNCIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE INGENIERÍA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>LÍMITES</b>
<b>Altura de bombeo</b>	Desnivel	metros	> 5 m
<b>Diámetro de la rueda</b>	Diámetro	metros	< 2 m
<b>Diámetro de tubería flexible</b>	Diámetro	milímetros	Tubería de diámetro comercial
<b>Álabes de rueda hidráulica</b>	Cantidad de álabes	adimensional	De acuerdo al tipo de rueda elegido en el diseño conceptual
<b>Altura de alabes</b>	Longitud	metros	Un tercio del diámetro de la rueda
<b>Largo de alabes</b>	Longitud	metros	Menor a la mitad del diámetro de la rueda
<b>Eje</b>	Diámetro	mm	Eje hueco, diámetro interior mayor a diámetro exterior de tubería flexible.

### 3.3.3. Dimensionamiento del Equipo.

Con el diseño conceptual ya elegido se procedió a definir las dimensiones generales del equipo según las recomendaciones de diseño que se muestran en la Tabla N° 8 y las especificaciones de ingeniería que se muestran en la Tabla N° 9. En la Figura N° 19 se muestra el boceto del diseño con las dimensiones conferidas ya ubicadas.



**Figura 19.** Dimensionamiento de la bomba tipo espiral

**Fuente:** Propia

La longitud del chasis deberá ser mayor al diámetro de la rueda y la altura se verá limitada por la geometría del flotador (ver Anexo 3).

Se consideró la cantidad de 6 álabes, ya que el modelo seleccionado en el diseño conceptual se asemeja a una rueda de admisión inferior (ruedas de corriente),

entonces en este tipo de ruedas para obtener los mejores resultados el número de álabes debe ser tal que siempre haya dos sumergidas (Ramón y Vallejo, 2005)

### **3.3.4. Selección de Materiales.**

Se realizó la selección de los diferentes materiales guiándose en las recomendaciones de diseño para bombas tipo espiral de la Tabla N° 8 y de acuerdo a el criterio ingenieril.

#### ***3.3.4.1. Selección de material de tubería para las espiras.***

De acuerdo a las recomendaciones de diseño se debe utilizar mangueras de poliuretano negro por su bajo costo, mayor durabilidad y resistencia al calor del sol (Teran, 2012).

#### ***3.3.4.2. Selección de material de la rueda, chasis y eje.***

La bomba tipo espiral estará flotando en el Canal Taymi por lo tanto estará propensa a la humedad. El material a utilizar para los rayos, álabes, chasis y eje deberá ser un material que tenga como principal característica una alta resistencia a la corrosión. El material estructural por excelencia que cumple con este requisito es el acero inoxidable. Entre los más comunes tenemos la serie martensítica (AISI 420), la serie ferrítica (AISI 430) y la serie austenítica (AISI 304, AISI 316). La serie que nos ofrece mayor resistencia a la corrosión y una mejor soldabilidad es la austenítica, en la que tenemos las opciones 304 y 316. El acero inoxidable 304 tiene una excelente resistencia a la corrosión, pero el 316 tiene una mayor resistencia a la corrosión en medios salinos que el 304.

Se optó finalmente por el acero inoxidable austenítico AISI 304 debido a que este acero se usa más para finalidades estructurales y como el Canal Taymi es una derivación de un río de agua dulce, no tendremos problemas con la presencia de medios salinos. Por otro lado, este acero resulta ser más económico que el 316. Las propiedades de este acero pueden apreciarse en la Tabla N° 10.

**Tabla 10***Propiedades AISI 304**Fuente: ASM International, 1998*

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Módulo elástico	190000	$N/mm^2$
Coefficiente de Poisson	0.29	$N/D$
Módulo cortante	75000	$N/mm^2$
Densidad de masa	8000	$kg/m^3$
Límite de tracción	517.017	$N/mm^2$
Límite elástico	206.807	$N/mm^2$
Coefficiente de expansión térmica	$1.8e^{-005}$	K
Conductividad térmica	16	$W/(m.K)$
Calor específico	500	$J/(kg.K)$

### 3.3.5. Caudal y Velocidad de Diseño.

El caudal y área del canal se obtuvieron del Gobierno Regional de Lambayeque los datos brindaron fueron de los últimos cinco (05) años. Se calculó el promedio anual del caudal entre los meses Enero-Mayo y Junio-Diciembre, con ese caudal y con el área se obtuvo una velocidad para esos meses. Como resultado se obtuvo un caudal de  $33.62 \frac{m^3}{s}$  y  $9.47 \frac{m^3}{s}$ , y una velocidad de  $2.45 \frac{m}{s}$  y  $1.48 \frac{m}{s}$  respectivamente (Los detalles de estos cálculos se muestran en el Anexo N°4).

### 3.4. Diseño Paramétrico de Sistema Hidráulico

En esta parte del diseño se utilizó la caja negra de la Fig. N° 8 y los datos que se muestran en la Tabla N° 11. Como puede apreciarse se parametrizaron las variables: Diámetro de tubería de las espiras ( $D_t$ ), Diámetro de tubería de la rueda ( $D_r$ ), Presión atmosférica ( $P_{atm}$ ) y Numero de Espiras ( $N_e$ ). Los modelos matemáticos que se usaron en esta parte se pueden observar en la sección 1.3.5. (Ecuaciones (1) a (8)) de estas ecuaciones se obtuvo la ecuación (9) y (10) las cuales nos facilitaron la parametrización y sirvieron para el desarrollo de la GUI.

**Tabla 11**

*Datos para el Diseño paramétrico del Sistema Hidráulico*

*Fuente: Propia*

	NOMBRE (SÍMBOLO)	UNIDADES	VALOR/RANGO
<b>PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DE PROBLEMA</b>	Desnivel (h)	m	5
	Profundidad de Sumersión ( $H_s$ )	m	0.5 m
	Velocidad del canal ( $V_c$ )	m/s	2 m/s
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	Diámetro de la rueda ( $D_r$ )	m	$0 \leq D_R \leq 5 m$
	Numero de Espiras ( $n_{re}$ )	Adim.	$3 \leq N_s \leq 12$
	Diámetro de tubería de la espiras ( $D_t$ )	mm	$0.03 \leq D_t \leq 0.08 m$
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	Presión atmosférica ( $P_{atm}$ )	m.c.a.	4 presiones
	Desnivel Máximo ( $h_{max}$ )	m	A determinar
	Caudal de salida ( $Q_s$ )	$m^3/s$	A determinar

$$h_{max} = \frac{\left\{ \left[ -((2*P_{atm}) - (D_r * n_{re})) \right] + \sqrt{\left[ (2*P_{atm}) - (D_r * n_{re}) \right]^2 - \left\{ (4 * [2 * (-2 * n_{re} * P_{atm} * D_r) + (n_{re} * D_r^2)]) \right\}} \right\}}{4} \dots (9)$$

Donde:

$h_{max}$  : *Altura máxima de bombeo*

$P_{atm}$  : *Presión atmosférica*

$D_r$  : *Diámetro de la rueda*

$n_{re}$  : *Número real de espiras*

$$Q_{salida} = 1.2 * \left( \frac{D_t}{2} \right)^2 * \pi * V_c \dots (10)$$

$Q_{salida}$  : *Caudal de salida*

$D_t$  : *Diámetro de la tubería*

$V_c$  : *Velocidad del canal*

Los rangos que se establecieron para parametrización de las variables se explican a continuación:

**Diámetro de tubería de las espiras ( $D_t$ )**

Como se indicó en la sección 3.3.4.1. (Selección de material de tubería para las espiras) el material para tubería es de poliuretano, para estas tuberías existen los diámetros comerciales que se muestran en el Anexo N° 5. Entonces de acuerdo a esto se establecieron los siguientes rangos:  $0.0381 \leq D_t \leq 0.0762 \text{ m}$

**Diámetro de la rueda ( $D_R$ )**

De acuerdo a los antecedentes para las bombas tipo espiral se tomó el diámetro desde 0 hasta el diámetro máximo considerado por Morgan (Morgan, 1984) de 4 m. Entonces el rango es:  $0 \leq D_R \leq 4\text{m}$

**Presión atmosférica ( $P_{atm}$ )**

Se consideraron 4 presiones atmosféricas de las diferentes zonas del Perú, las cuales varían de acuerdo a su altitud. Al no contar con los datos de las presiones atmosférica se procedió a calcular estas presiones a partir de la altitud, esta altitud se tomó del Atlas Eólico del Perú. El mapa de altitud y los cálculos se muestra en el Anexo N° 6. A continuación se muestra un cuadro resumen de los datos obtenidos.

**Tabla 12**  
*Resultados del cálculo de presiones a diferentes alturas*  
*Fuente: Atlas Eólico del Perú*

<b>Altura (m.s.n.m.)</b>	<b>Presión (mBar)</b>	<b>Presión (m.c.a.)</b>
<b>117</b>	999.34	10.193
<b>400</b>	966.49	9.858
<b>800</b>	924.78	9.433
<b>1200</b>	893.83	9.117

### Numero de Espiras ( $n_{re}$ )

De acuerdo a la bibliografía revisada, el rango que toman los autores para diseñar una bomba tipo espiral es entre 3 y 12 espiras.

Se desarrolló una Interface Gráfica de Usuario (GUI) la cual permite ingresar iterativamente los datos iniciales y al mismo tiempo muestra las gráficas paramétricas para una selección óptima de los valores de las variables de diseño. En la Figura N° 20 se puede observar la captura de pantalla de esta interface.

Con el propósito de ratificar los resultados arrojados por la GUI se realizó un cálculo manual detallado para este sistema hidráulico. Se tomaron los valores que se muestran en la Tabla N° 13 (la velocidad promedio de la sección 3.3.5. Caudal y velocidad de Diseño), para estos valores se obtuvo una altura máxima de  $h_{max} = 6.40$  metros y un caudal de salida  $Q_s = 0.002736 \text{ m}^3/\text{s}$  (ver Anexo N° 7). Se puede observar que los resultados obtenidos coinciden con los resultados de la GUI correspondiente (ver Figura N°20).

**Tabla 13**  
*Valores considerados para el cálculo*  
*Fuente: Propia*

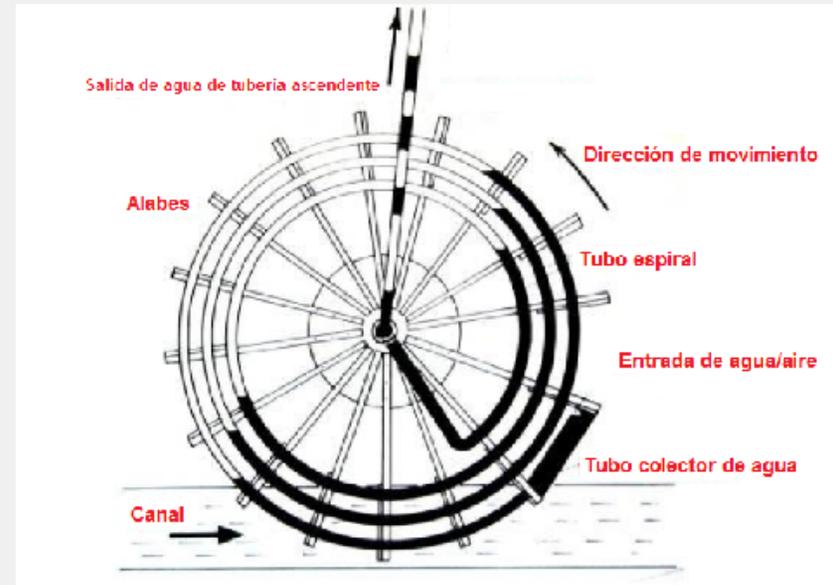
	<b>NOMBRE (SÍMBOLO)</b>	<b>VALOR</b>
<b>PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DE PROBLEMA</b>	Desnivel (h)	5
	Velocidad del canal ( $V_c$ )	2 m/s
<b>VARIABLES DE DISEÑO</b>	Diámetro de tubería de la espiras ( $D_t$ )	0.0381 m
	Diámetro de la rueda ( $D_r$ )	1.5 m
	Presión atmosférica ( $P_{atm}$ )	10.193
	Numero de Espiras ( $n_{re}$ )	5

En las Figuras N° 21 hasta N° 26 se puede apreciar las gráficas paramétricas que relacionan a las Variables de Diseño (Independientes) ( $D_r$ ,  $D_t$ ,  $n_{re}$  y  $P_{atm}$ ) y las Variables de Solución (Dependientes) ( $Q_s$ ,  $h_{max}$ ).

## SISTEMA HIDRAULICO DE LA BOMBA TIPO ESPIRAL

### VARIABLES DE DISEÑO

Diametro de tubería	Dt	<input type="text" value="0.0381"/>	m
Diametro de la rueda	Dr	<input type="text" value="1.5"/>	m
Numero de Espiras	nre	<input type="text" value="5"/>	adim
Presion Atmosferica	Patm	<input type="text" value="10.193"/>	m.c.a



### PARAMETROS DE DEFINICION DE PROBLEMAS

Desnivel	h	<input type="text" value="5"/>	m
Velocidad del Canal	Vc	<input type="text" value="2"/>	m/s

PARAMETROS

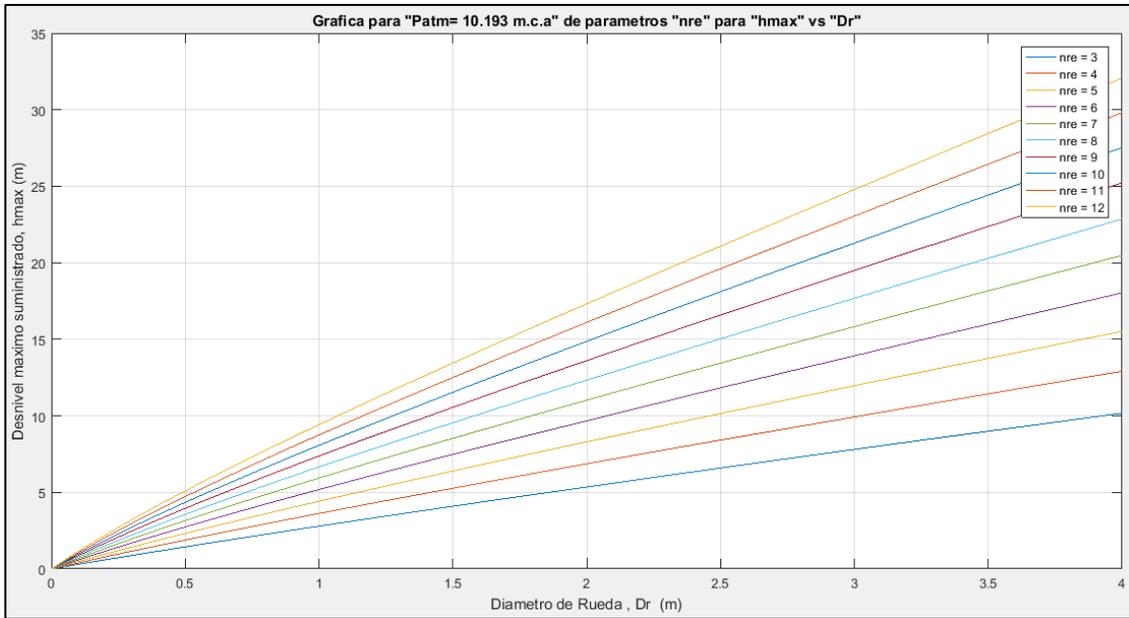
CALCULAR

### VARIABLES DE SOLUCION

Caudal de Salida	Qs	<input type="text" value="0.0027"/>	m <sup>3</sup> /s	<input type="button" value="+"/>
Altura maxima	hmax	<input type="text" value="6.39"/>	m	<input type="button" value="+"/>

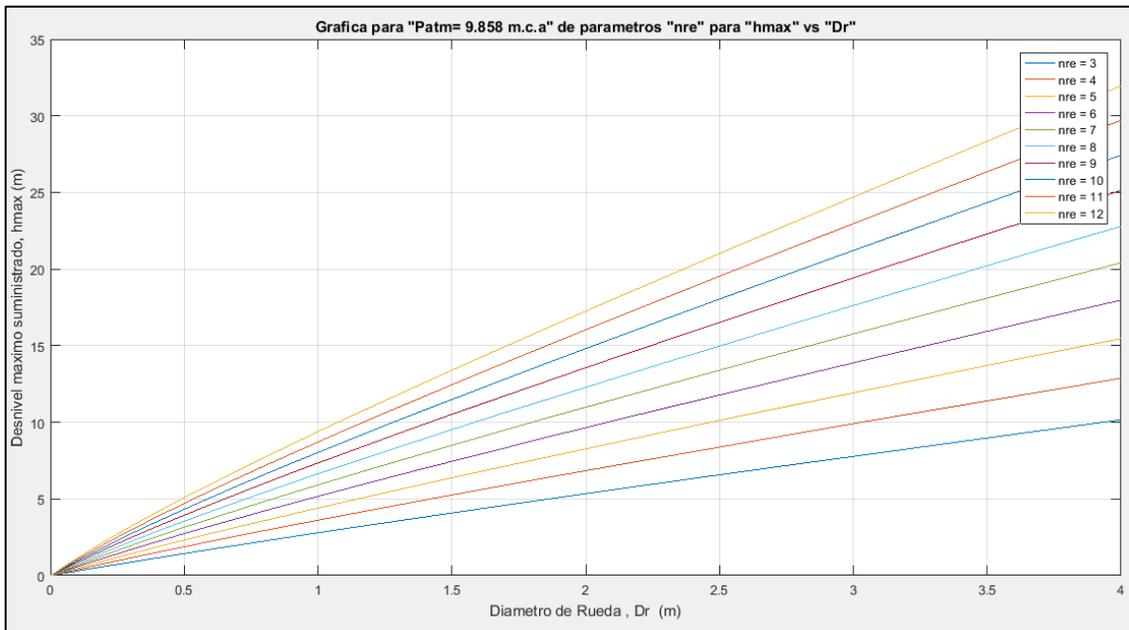
Figura 20. GUI para el sistema hidráulico de la bomba tipo espiral

Fuente: Propia



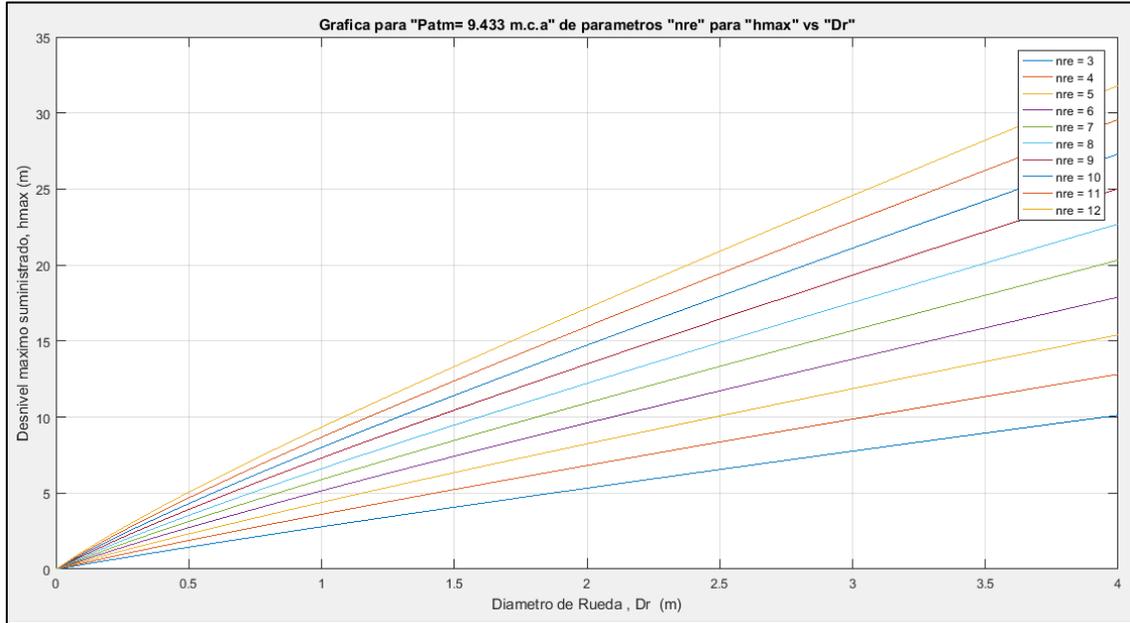
**Figura 21.** Dependencia del Desnivel máximo suministrado (hmax) respecto al diámetro de la rueda a 10.193 m.c.a. (117 msnm) y número real de espiras desde 3 hasta 12.

**Fuente:** Propia

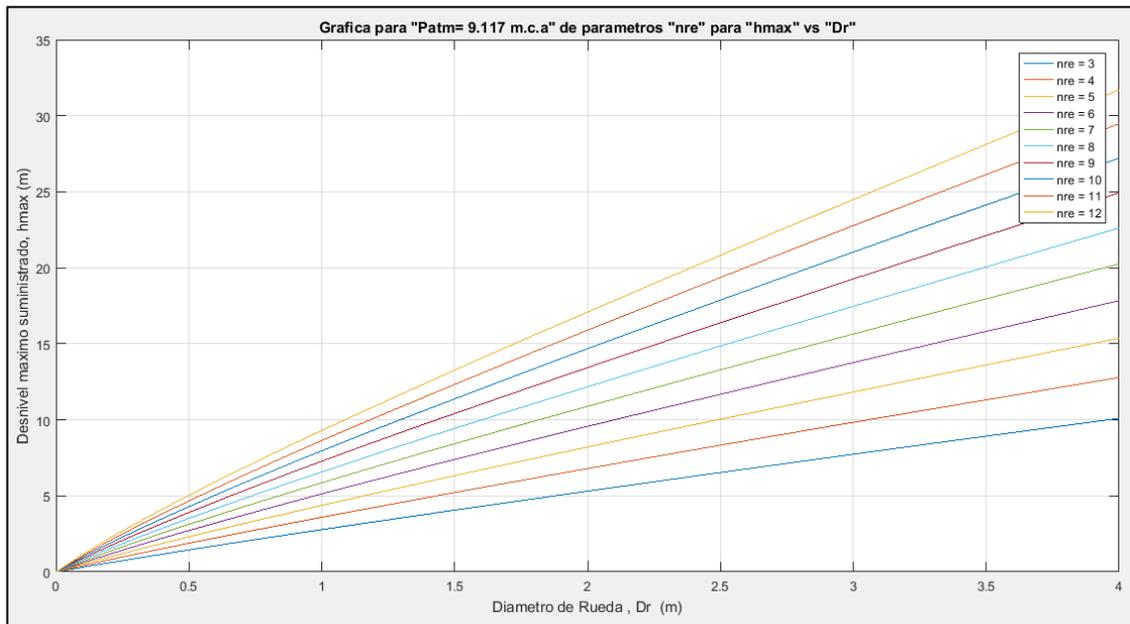


**Figura 22.** Dependencia del Desnivel máximo suministrado (hmax) respecto al diámetro de la rueda a 9.858 m.c.a. (400 msnm) y número real de espiras desde 3 hasta 12.

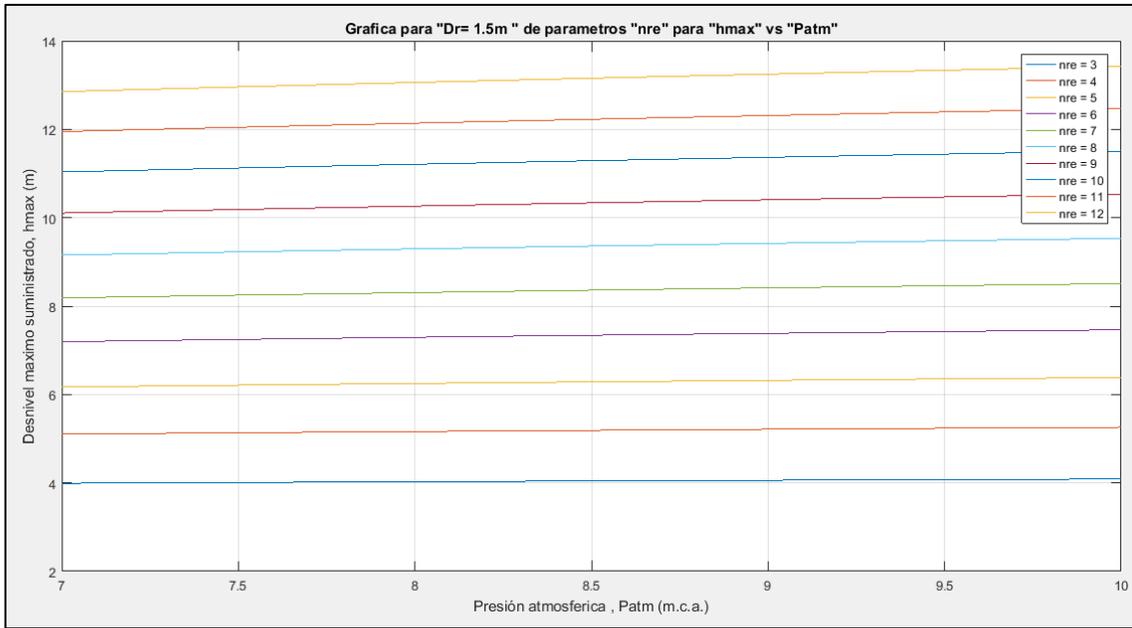
**Fuente:** Propia



**Figura 23.** Dependencia del Desnivel máximo suministrado (hmax) respecto al diámetro de la rueda a 9.433 m.c.a. (800 msnm) y número real de espiras desde 3 hasta 12.  
**Fuente:** Propia

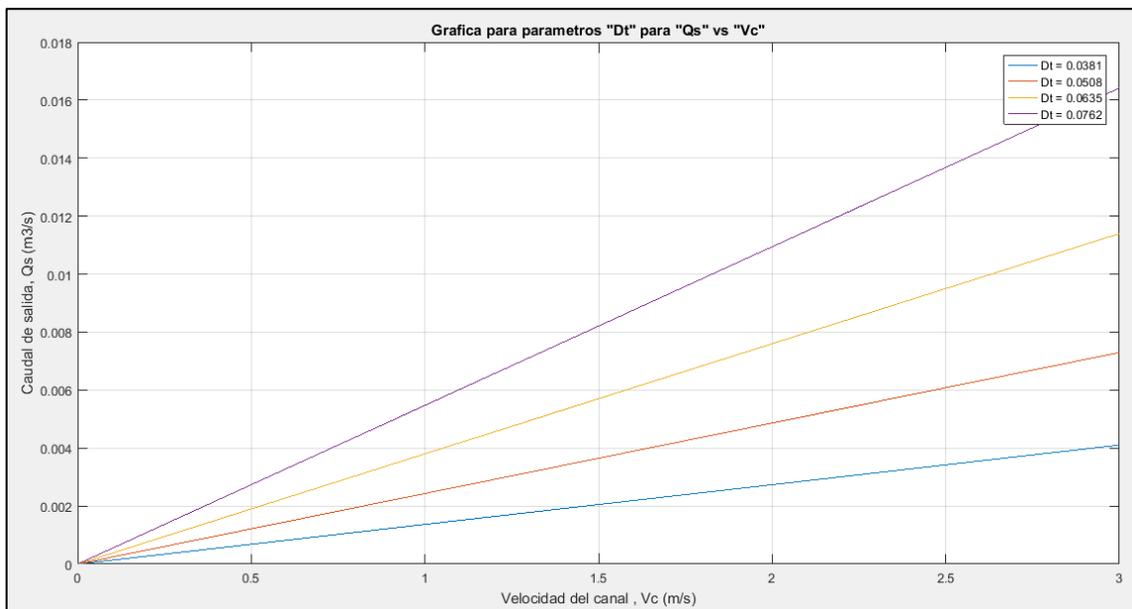


**Figura 24.** Dependencia del Desnivel máximo suministrado (hmax) respecto al diámetro de la rueda a 9.117 m.c.a. (1200 msnm) y número real de espiras desde 3 hasta 12.  
**Fuente:** Propia



**Figura 25.** Grafica paramétrica para evaluar el desnivel máximo suministrado, respecto a la presión atmosférica teniendo un valor definido para Diámetro de rueda (Dr) igual a 1.5m y numero de espiras desde 3 hasta 12.

**Fuente:** Propia



**Figura 26.** Grafica paramétrica para evaluar el caudal de salida de la bomba (Qs), respecto a velocidad del canal (Vc) y teniendo los diámetros de las tuberías (Dt) 38.1, 50.8, 63.5 y 76.2 mm

**Fuente:** Propia

En la Figura 21 se observa cómo será el comportamiento de los parámetros a la presión atmosférica del centro poblado La Cria 10.193 m.c.a (117msnm) podemos observar cómo se puede obtener un desnivel mayor aumentando el número real de espiras. Si estableciéramos un diámetro de rueda de 1.5m y quisiéramos aumentar el desnivel máximo suministrado solo tendríamos que aumentar el número real de espiras.

En la Figura 21 hasta la 24 se evaluó el comportamiento del desnivel máximo suministrado a diferentes presiones atmosféricas, tomando en consideración un rango de 0 a 4m de diámetro de rueda, observando como varía de acuerdo al número real de espiras de la bomba de 3 a 12. En las figuras se observa como la presión atmosférica afecta ligeramente el desnivel máximo suministrado, lo cual se valida por la Figura 25.

En la Figura 25 observamos una ligera desviación en el nivel máximo suministrado, a diferentes números de espiras en el rango de 7 a 10 mca que vendría a ser el comportamiento de la bomba a una altitud de 1600 a 117 msnm respectivamente.

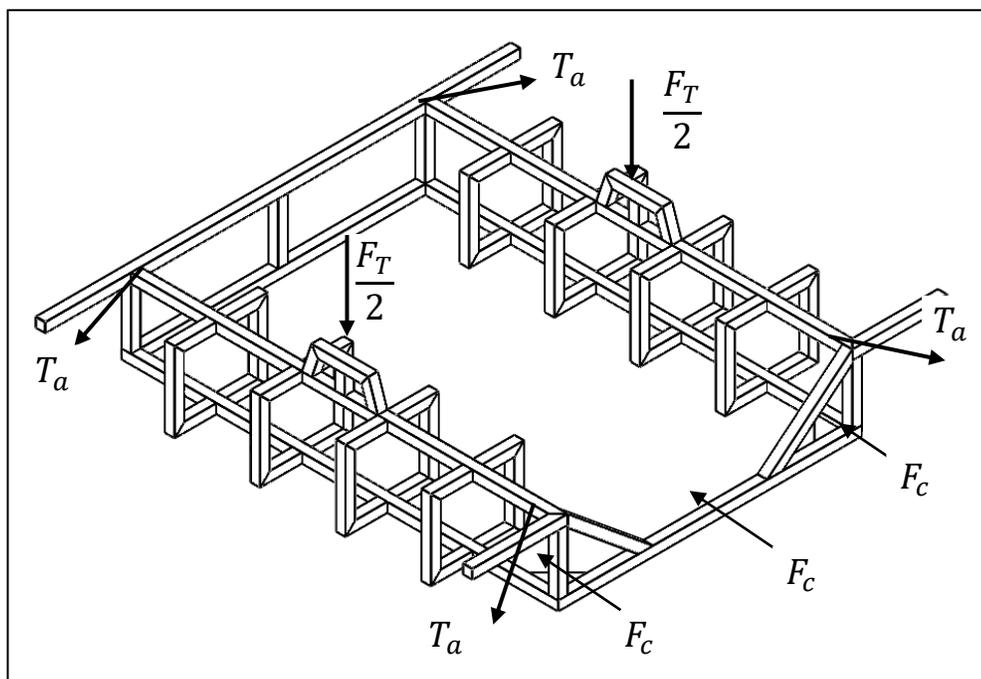
En la Figura 26 se evaluó el comportamiento del caudal de salida de la bomba, en el cual se observa como incrementa el caudal conforme incrementa el diámetro de la tubería y la velocidad del canal.

### **3.5. Diseño del Chasis de la máquina**

Como se indicó en la sección 3.3.4.2. (Selección de material de la rueda, chasis y eje) el material elegido es AISI 304. Para realizar la simulación en el software se diseñará el chasis con tubos cuadrados de 2" x 2" x 2mm de acero inoxidable y se verificará si este perfil es el más adecuado. Para los rayos se usarán tubos rectangulares y para los álabes se usarán planchas de acero inoxidable las dimensiones de estos se muestran en el Anexo 8.

Las cargas mecánicas sobre la estructura o chasis se pueden dividir en: Cargas gravitacionales, reacciones y fuerzas del fluido sobre el cuerpo. Ver Fig. N° 27 en donde se indica el Diagrama de Cuerpo Libre.

Para el cálculo de las cargas gravitacionales se necesita el peso del equipo, se procedió a dimensionar de acuerdo a la sección 3.3.3. Dimensionamiento del equipo y a la Tabla N° 9 (Hoja de especificaciones de ingeniería) con los datos de la Tabla N° 13 que cumplen con las necesidades planteadas.



**Figura 27.** Diagrama de cuerpo libre del chasis de la bomba tipo espiral

**Fuente:** Propia

Donde:

$F_T$  = Fuerza gravitacional de la rueda y eje.

$F_c$  = Fuerza de la corriente fluvial.

$T_a$  = Tensión de la cuerda de anclaje.

Los cálculos de las fuerzas sobre el chasis se muestran a continuación:

### 3.5.1. Fuerza Gravitacional de la rueda y el eje ( $F_T$ ).

Es el peso de la rueda total (incluyendo sistema hidráulico) más el peso del eje.

$$F_T = m_{T-r} * g \quad \dots (11)$$

Donde:

$m_{T-r}$  : Masa de la rueda más accesorios (kg)

$g$  : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Se procedió a calcular empezando por obtener la masa de cada accesorio (la masa de la tubería, masa dentro de la espira y masa de los álabes y accesorios) los detalles de estos cálculos se muestran en el Anexo N° 9. El resultado de la fuerza gravitacional para la rueda y accesorios fue de  $F_T = 1322N$ .

### 3.5.2. Fuerzas de la corriente fluvial ( $F_c$ ).

Es la Fuerza de la Corriente ( $F_c$ ) sobre el chasis.

$$F_c = \rho_{H_2O} * Q_m * \Delta v \quad \dots (12)$$

Donde:

$F_c$  : Fuerza de la Corriente (N)

$\rho_{H_2O}$  : Densidad del Agua ( $kg/m^3$ )

$Q_m$  : Caudal medio del canal ( $m^3/s$ )

$\Delta v$  : Variación de velocidad de la corriente al impactar con el chasis  
( $kg/m^3$ )

Tenemos caudal de  $33.62 \frac{m^3}{s}$  y  $9.47 \frac{m^3}{s}$ , y una velocidad de  $2.45 \frac{m}{s}$  y  $1.48 \frac{m}{s}$ , datos tomados de la sección 3.3.5. (Caudal y velocidad de diseño).

Para nuestro caso, entonces:

$$F_c = 1000 * \left( \frac{33.62 + 9.47}{2} \right) * (2.45 - 1.48)$$

$$F_c = 20899 N$$

### **3.5.3. Reacciones.**

Para evitar que la bomba sea arrastrada y para ayudar en la flotabilidad de la bomba para el diseño se ha considerado sujetar la bomba en las esquinas del chasis por lo cual en el DCL se ha considerado una Tensión de cuerda ( $T_a$ ).

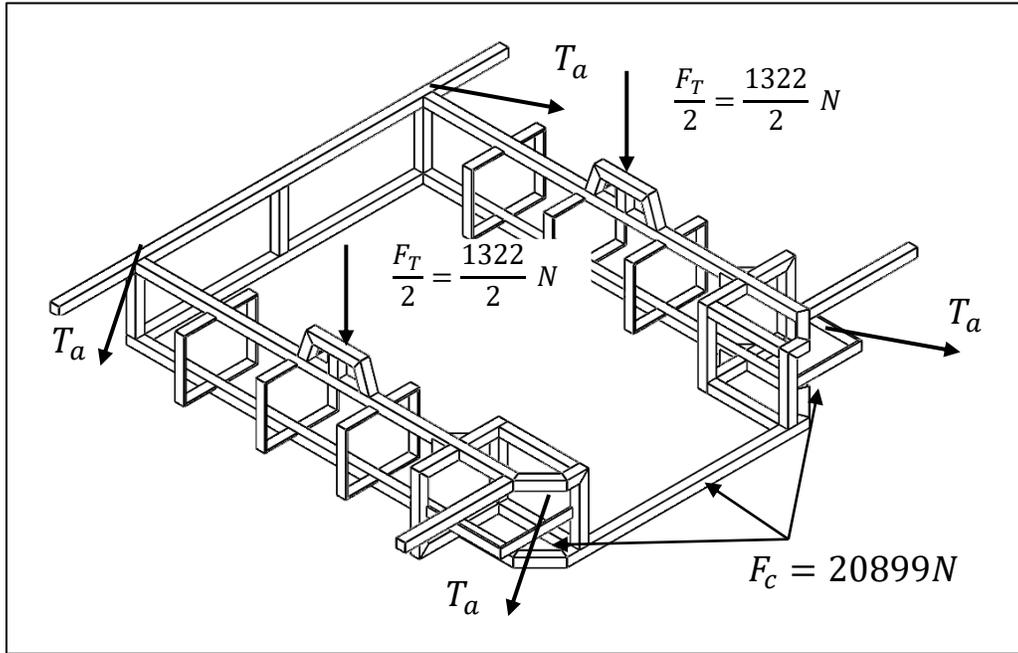
#### **Tensión de la cuerda de amarre ( $T_a$ )**

Es la tensión en las cuerdas de amarre, representada como  $T_a$  que sujetan la bomba tipo espiral al canal. Esta tensión  $T_a$  será igual a la fuerza de la corriente  $F_c$  para que la bomba no sea llevada por la fuerza del río.

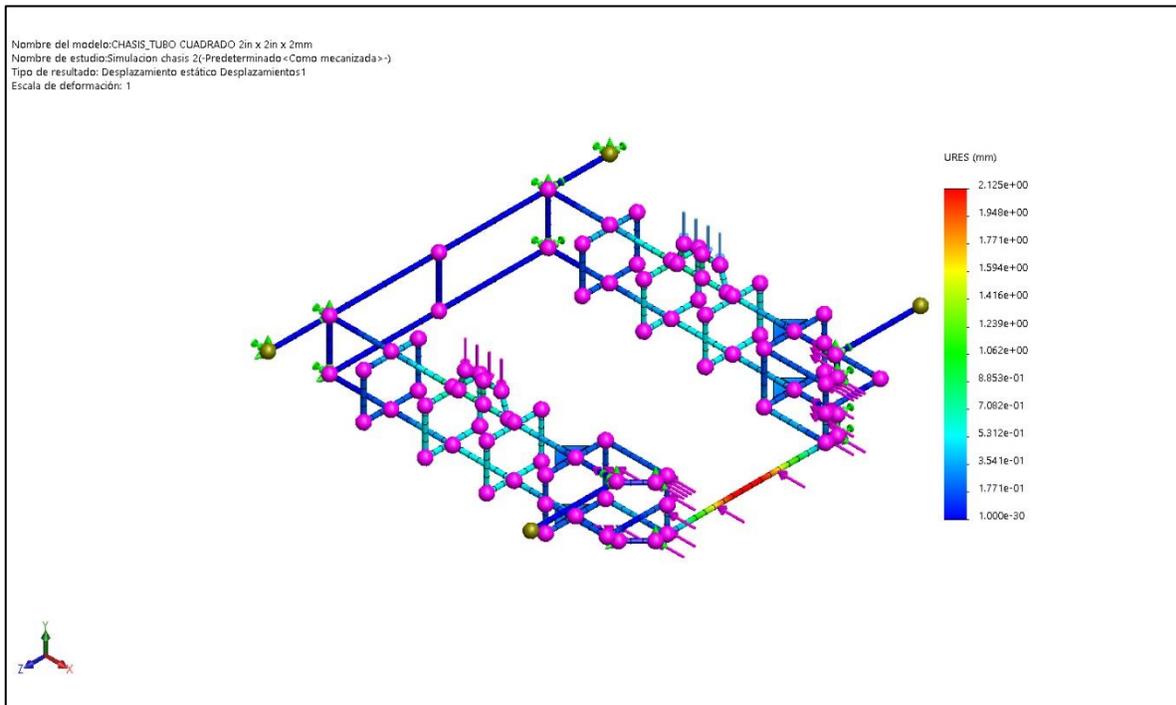
Estas fuerzas fueron empleadas como datos de entrada para la simulación estructural con elementos finitos en el software de diseño. En la Figura 28 se muestra las fuerzas utilizadas en el diseño. Los resultados de las simulaciones de diseño pueden verse en las Figuras N° 29 a la N° 31.

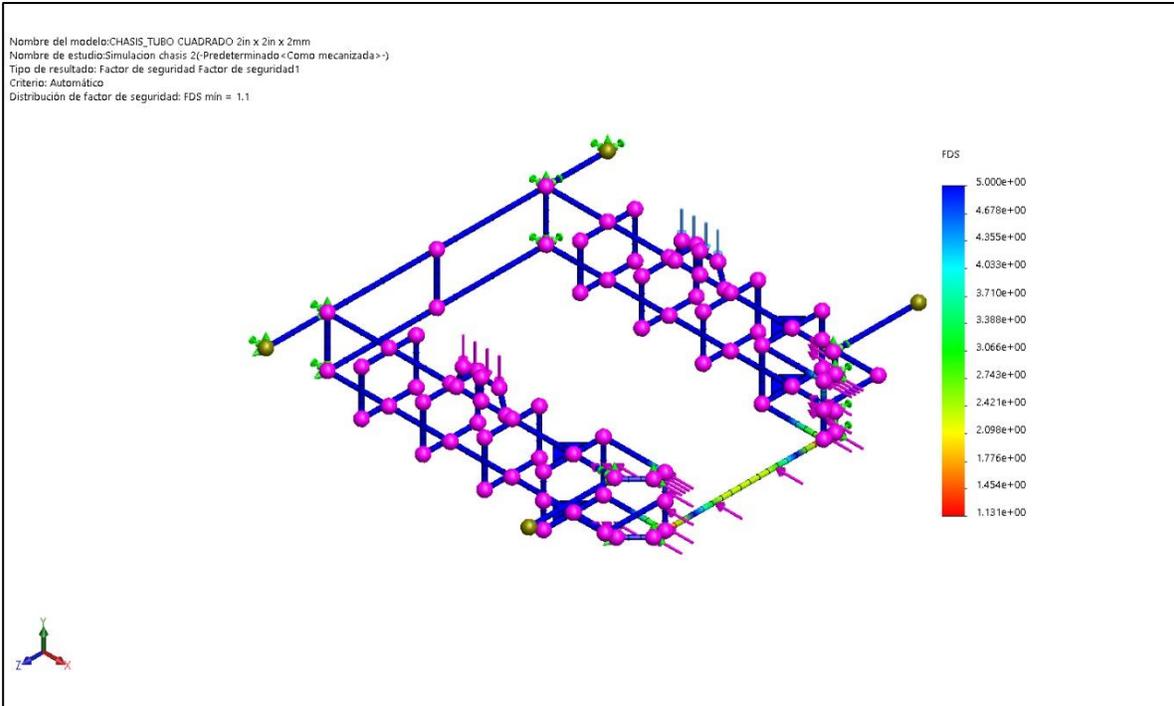
En la Figura N° 29 se muestra el desplazamiento estático del chasis de la bomba en escala 1:1, tenemos un valor máximo de 2.125mm en la viga representada de color rojo.

En la Figura N° 30 se muestra el factor de seguridad del chasis de la bomba, estableciendo un factor mínimo de 1.1 y un factor máximo de 5, representados por color rojo y azul respectivamente. En la Figura N° 31 se muestra más de cerca donde se encuentra el factor de seguridad mínimo de 1.1 en el chasis de la bomba.

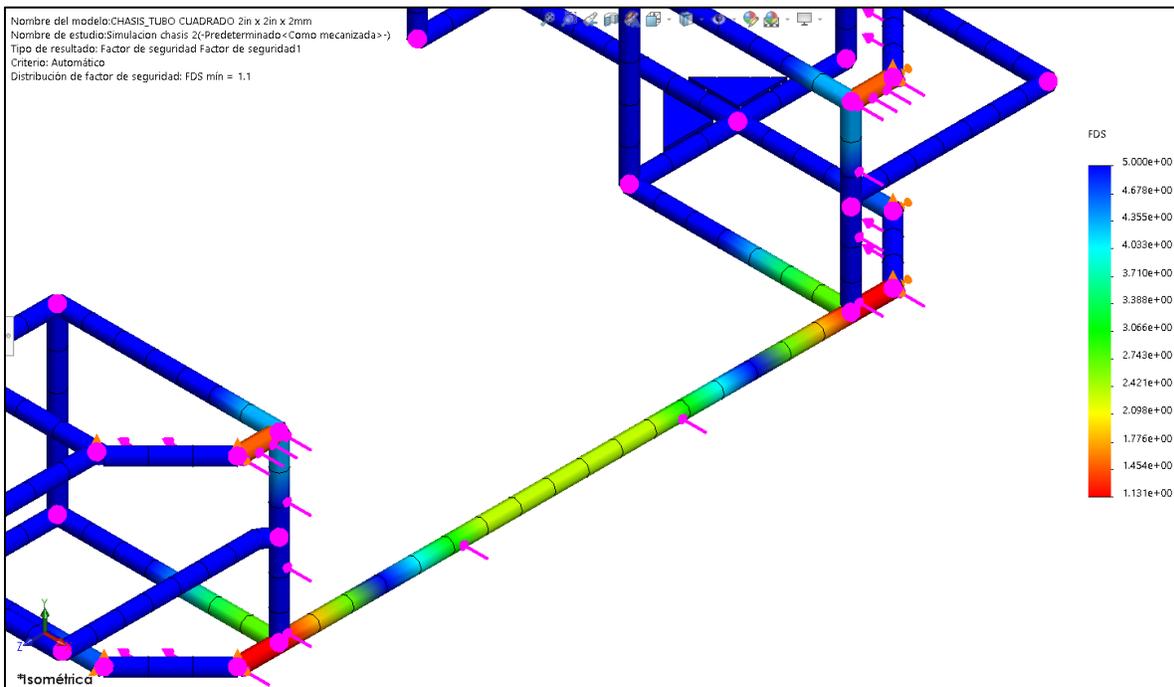


**Figura 28.** Fuerzas sobre el chasis de la bomba tipo espiral  
**Fuente:** Propia - Solidworks Simulation





**Figura 30.** Factor de seguridad del chasis.  
**Fuente:** Propia – Solidworks Simulation



### 3.6. Diseño del Eje

La geometría del eje tiene que ser hueca ya que por ahí se suministrará el agua hacia la tubería de descarga de la unión giratoria (Praveen & Harshal, 2016). Por ende, el diámetro interior del eje debe ser mayor al diámetro exterior de la tubería flexible.

El diámetro exterior de la tubería flexible es de 49mm (Anexo 5). Teniendo en consideración lo anterior, se buscó los tubos de acero inoxidable 304 con espesores comerciales y que cumplan con un diámetro interior mayor a 49mm, de los encontrados se eligió el primero que cumpla esta condición, el elegido se muestra en la Tabla N° 14. (Ver Anexo 10)

**Tabla 14**

*Diámetro de tubo de acero inoxidable 304 comercial de diferentes cedulas*

*Fuente: Aceros comerciales.com.pe*

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	SCHEDULE					
		5S		10S		40S	
Pulg	(mm)	mm	Øi (mm)	mm	Øi (mm)	mm	Øi (mm)
2	60.3	1.66	56.98	2.77	54.76	3.92	52.46

Considerando las medidas de la Tabla 14 y las fuerzas de la sección 3.5.1. (Fuerza Gravitacional de la rueda y eje). Entonces calculamos el torque:

$$T_R = F_T * D_r \quad \dots (13)$$

$$T_R = 1322 * 1.5m$$

$$T_R = 1983 Nm$$

Se procedió a simular en el programa de diseño. Para esto se simuló el tubo de diámetro de 2" a diferentes cedulas 5S, 10S y 40S. Los resultados se muestran en la Tabla 15 y 16.

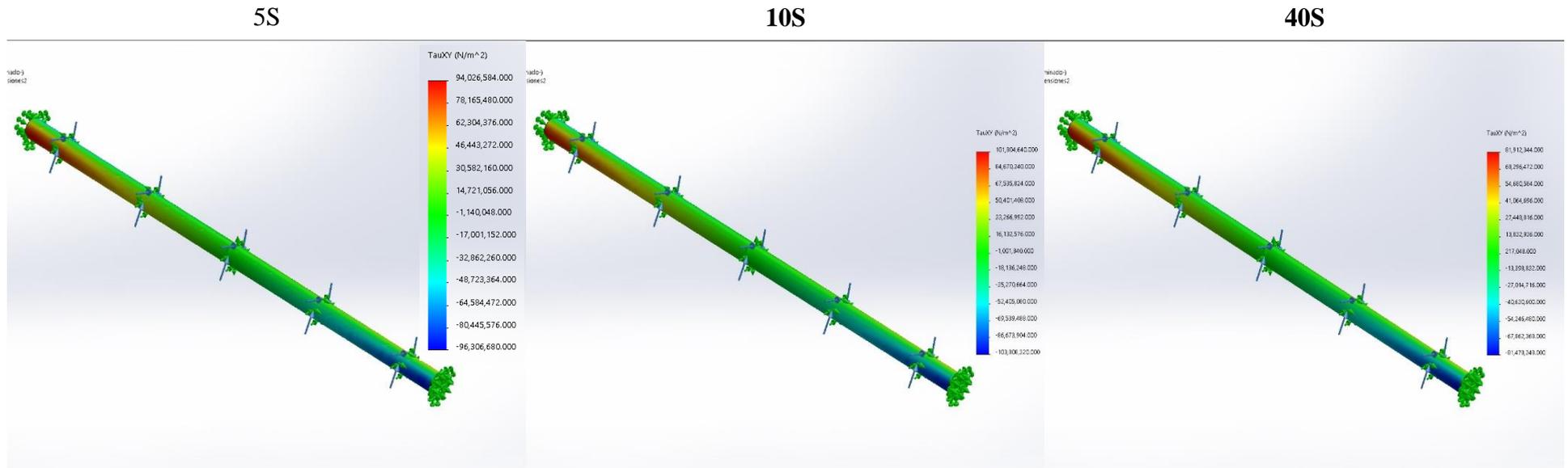
En la Tabla 15 se muestra la comparación del esfuerzo cortante debido a la torsión, obteniendo un valor de esfuerzo cortante menor de  $55\,719\,800 \text{ N/m}^2$  para el caso del tubo de cedula 40. En la Tabla 16 se muestra la comparación del factor de seguridad, de acuerdo a los resultados se puede observar que el tubo que nos brinda un factor mayor es el tubo de cedula 40 con un valor de 2.119, es decir puede soportar más del doble de la fuerza aplicada.

**Tabla 15**

*Análisis del esfuerzo cortante debido a la torsión.*

*Fuente: Propia*

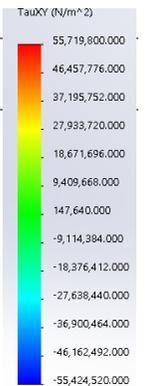
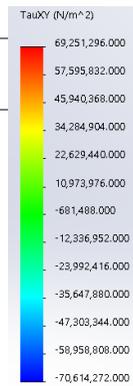
**ANÁLISIS DEL ESFUERZO CORTANTE DEBIDO A LA TORSIÓN**



94 026 584  $N/m^2$

69 251 296  $N/m^2$

55 719 800  $N/m^2$



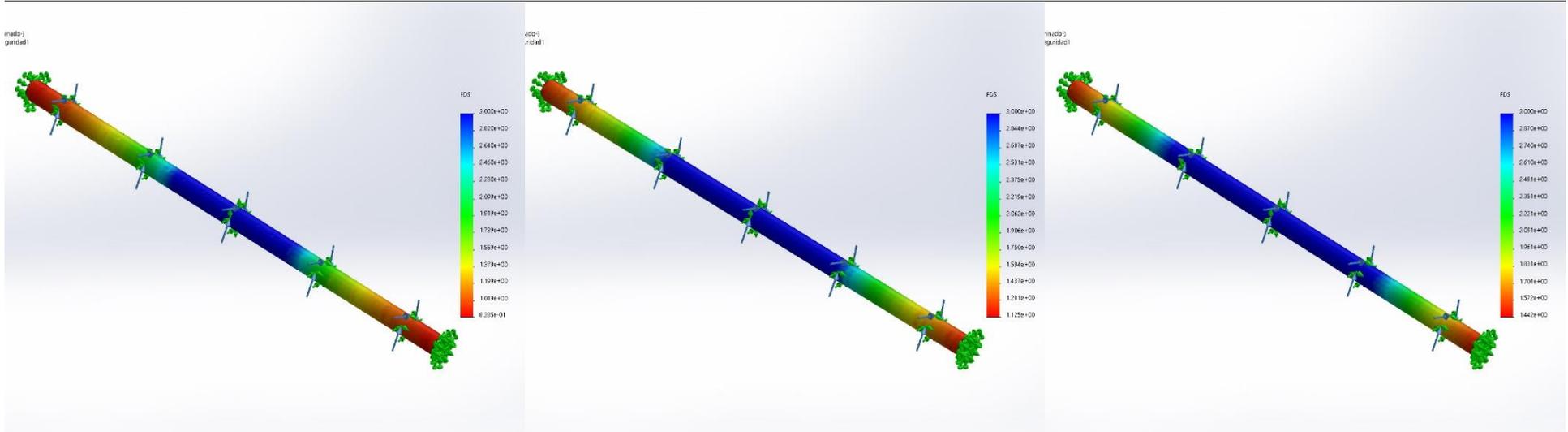
**Tabla 16**  
*Análisis del factor de seguridad*  
*Fuente: Propia*

**ANALISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD**

5S

10S

40S



Factor mínimo	1.233	Factor mínimo	1.654	Factor mínimo	2.119
Factor máximo	3	Factor máximo	3	Factor máximo	3

### **3.7. Selección de los componentes estándar**

#### **Seleccionamiento de tanque de almacenamiento**

Necesitamos 240 a 400 m<sup>3</sup> de agua por cada riego, este se realiza 4 veces al mes. La bomba nos proporciona 0.0027m<sup>3</sup>/s o 233 m<sup>3</sup>/día funcionando las 24 horas del día. Entonces para poder abastecer la demanda máxima de 400 m<sup>3</sup> de agua tendría que funcionar la bomba por dos días y ya no habría necesidad de utilizar un tanque de almacenamiento.

#### **Selección de la tubería para la espira**

En las recomendaciones se indica que la espira debe ser de tubería de poliuretano de diámetro comercial (Terán, 2012), esta tubería es la mejor opción por su bajo costo y mayor durabilidad y resistencia al calor del sol.

#### **Selección de la junta giratoria**

De acuerdo a catálogo se seleccionó esta junta rotatoria de la marca Deublin, una junta con sellos de carburo de silicio para trabajar en agua. La ficha técnica se encuentra en el Anexo N° 11.

#### **Selección del soporte del eje**

Para realizar la selección adecuada de los soportes para el eje giratorio de la bomba tipo espiral, se analizaron y compararon 02 alternativas mediante una matriz de selección ponderada para obtener un diseño óptimo. En la Tabla N° 17 se muestra la matriz de selección para este componente. Se obtuvo que la alternativa N° 2 es la más óptima para los soportes del eje, ya que presenta características superiores en el criterio de lubricación y resistencia a la humedad.

**Tabla 17***Selección del soporte para el eje de la bomba tipo espiral**Fuente: Propia*

<b>SOPORTE PARA EL EJE DE LA BOMBA TIPO ESPIRAL</b>		<b>SOPORTES CANDIDATOS</b>			
		<b>ALTERNATIVA N° 1</b>		<b>ALTERNATIVA N° 2</b>	
<b>CRITERIOS</b>	<b>Ponderado (%)</b>	<b>Chumaceras</b>		<b>Bocinas de bronce</b>	
		<b>Puntuación</b>	<b>Puntuación de Ponderado</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Puntuación de Ponderado</b>
LUBRICACIÓN	30	4	1.2	6	1.8
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN POR HUMEDAD	30	4	1.2	6	1.8
COSTO	20	4	0.8	4	0.8
DISPONIBILIDAD	20	4	0.8	4	0.8
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>4.0</b>	<b>20</b>	<b>5.2</b>

### 3.8. Estudio económico (PRESUPUESTO, TIR, VAN, ROI)

**Inversión:** En la Tabla N°18 se realiza una descripción de cada uno de los componentes de la bomba tipo espiral con sus respectivos costos, para tener una idea general del precio total de lo que llega a costar la máquina con recursos propios.

**Tabla 18**

*Presupuesto detallado de la bomba tipo espiral*

*Fuente: Propia*

<b>PRESUPUESTO BOMBA TIPO ESPIRAL</b>					
<b>BOMBA ESPIRAL</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>		
PLCH 1.5MM AISI 304 1200 X 2400	1	S/ 350.00	S/	350.00	
PLCH 3MM AISI 304 1200 X 2400	0.5	S/ 620.00	S/	310.00	
JUNTA GIRATORIA + ACCESORIOS	1	S/ 350.00	S/	350.00	
TUBO CUAD. INOX 2" X 2" X 1.5MM	2	S/ 300.00	S/	600.00	
TUBO RECT. INOX 50 X 10 X 1.5MM	1	S/ 200.00	S/	200.00	
TUBO RECT. INOX 10 X 20 X 1.5MM	1	S/ 75.00	S/	75.00	
TUBO REDO. 2" CED.40 X 3M	1	S/ 180.00	S/	180.00	
TUBO REDO. 4" CED.10 X 3M	1	S/ 200.00	S/	200.00	
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>2,265.00</b>	
<b>ACCESORIOS:</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>		
FLOTADORES	8	S/ 15.00	S/	120.00	
PERNO M10 INOX	28	S/ 2.00	S/	56.00	
ANILLOS M10 INOX.	28	S/ 0.50	S/	14.00	
TUERCAS M10 INOX.	28	S/ 0.50	S/	14.00	
MANGUERA DE 1.5"	100	S/ 4.00	S/	400.00	
UNION Y DE 1.5"	1	S/ 10.00	S/	10.00	
ANILLO INOX D1.5"	1	S/ 2.00	S/	2.00	
BUJE DE EJE D1.5"	1	S/ 5.00	S/	5.00	
MUELLE DE D1.5"	1	S/ 10.00	S/	10.00	
UNION 1 1/2" - 4"	1	S/ 20.00	S/	20.00	
ANILLO CONICO D1.5"	1	S/ 15.00	S/	15.00	
ANILLO DE APOYO D1.5"	1	S/ 15.00	S/	15.00	
BOCINAS BRONCE SAE 64	2	S/ 120.00	S/	240.00	
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>921.00</b>	
<b>CONSUMIBLE</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>		
APORTE INOX 3/32"	1	S/ 85.00	S/	85.00	
DISCO DE CORTE 4 1/2"	15	S/ 4.00	S/	60.00	
DISCO PULIFAN 4 1/2"	5	S/ 12.00	S/	60.00	
DISCO DE DESBASTE 4 1/2"	1	S/ 9.00	S/	9.00	
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>214.00</b>	

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>	
MANO DE OBRA SOLDADURA	1	S/ 200.00	S/	200.00
MANO DE OBRA TORNO	1	S/ 100.00	S/	100.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>300.00</b>
<b>RESUMEN:</b>		<b>MONTOS:</b>		
ESTRUCTURA		S/ 2,265.00		
ACCESORIOS:		S/ 921.00		
CONSUMIBLE:		S/ 214.00		
MANO DE OBRA		S/ 300.00		
OTROS		S/ 300.00		
<b>TOTAL</b>		<b>S/ 4,000.00</b>		

**Mantenimiento:** Se estima que el cambio de bocinas será cada año. En la Tabla 19 se muestra el costo del cambio de bocinas.

**Tabla 19**

*Presupuesto del mantenimiento de la bomba*

*Fuente: Propia*

<b>MANTENIMIENTO DE BOMBA TIPO ESPIRAL</b>				
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>	
BOCINAS BRONCE SAE 64	2	S/ 120.00	S/	240.00
CUCHILLAS CARBURADAS	2	S/ 20.00	S/	40.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>280.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL S/.</b>	
TORNERO	1	S/ 50.00	S/	100.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/</b>	<b>100.00</b>
<b>RESUMEN</b>		<b>MONTOS</b>		
MATERIAL		S/ 280.00		
MANO DE OBRA		S/ 50.00		
<b>TOTAL</b>		<b>S/ 330.00</b>		

**Beneficio:** El beneficio o ahorro sería el gasto anual en gasolina más el costo del mantenimiento. En la Tabla 20 se han elegido los valores repetitivos de costo anual de la Tabla 4 de la sección 3.1. (Resultado de la Encuesta de Necesidades de los agricultores) se evaluó la rentabilidad a dos años, se le sumó el mantenimiento y con la siguiente formula se procedió a calcular el ROI, el resultado se muestra en la Tabla 20.

$$ROI = \frac{\text{Beneficio} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}}$$

**Tabla 20**

*Análisis del ROI para los encuestados*

*Fuente: Propia*

Item	Costo Mensual	Costo anual	Costo en dos años	Costo total (Beneficio)	Costo de la bomba espiral + mtto	ROI
1	S/ 62	S/ 738	S/ 1,476	S/ 1,956	S/ 4,330	-54.83%
2	S/ 188	S/ 2,256	S/ 4,512	S/ 4,992	S/ 4,330	15.29%
3	S/ 234	S/ 2,808	S/ 5,616	S/ 6,096	S/ 4,330	40.79%
4	S/ 326	S/ 3,360	S/ 6,720	S/ 7,200	S/ 4,330	66.28%
5	S/ 326	S/ 3,912	S/ 7,824	S/ 8,304	S/ 4,330	91.78%
6	S/ 372	S/ 4,464	S/ 8,928	S/ 9,408	S/ 4,330	117.27%

Tenemos 5 resultados positivos; además tenemos un resultado negativo y un resultado cercano a cero de 15.29% en estos casos no es conveniente invertir. Se evaluaron los 6 resultados, en la situación 1 y 2 de la Tabla N° 21 se puede ratificar que la inversión no es rentable. Para los demás casos el retorno de la inversión es positivo y si sería posible invertir en la bomba.

**VAN:**

Permitirá encontrar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Si el valor actual neto resulta positivo se debería continuar con la inversión. Se determinará si el proyecto es rentable el cual consta de una inversión inicial de 4000.00 soles, para lo cual determinaremos el siguiente flujo en un periodo de dos años a una tasa de retorno del 12%

## **TIR**

Conocido como Tasa Interna de Retorno o Tasa de Rentabilidad, de una inversión es la medida geométrica de los rendimientos a futuros de dicha inversión. Se puede utilizar también como un indicador de la rentabilidad de un proyecto o sea mayor TIR mayor rentabilidad

Por lo tanto, bajo los indicadores previamente evaluados y como se muestra en la Tabla N° 21, se obtiene un resultado favorable con lo cual se reconoce que la inversión de este proyecto sería viable.

**Tabla 21***Flujo de caja para VAN y TIR**Fuente: Propia*

ANALISIS ECONOMICO	SITUACION 1			SITUACION 2			SITUACION 3		
	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2
<b>Ingresos</b>		S/ 738	S/ 738		S/ 2,256	S/ 2,256		S/ 2,808	S/ 2,808
<b>Egresos</b>		-S/ 330	-S/ 330		-S/ 330	-S/ 330		-S/ 330	-S/ 330
<b>Flujo neto</b>	-S/ 4,000	S/ 408	S/ 408	-S/ 4,000	S/ 1,926	S/ 1,926	-S/ 4,000	S/ 2,478	S/ 2,478
<b>VAN</b>	-S/		3,310.46	-S/		744.96	S/		187.95
<b>TIR</b>		-62.56%			-2.48%			15.56%	

ANALISIS ECONOMICO	SITUACION 4			SITUACION 5			SITUACION 6		
	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2
<b>Ingresos</b>		S/ 3,360	S/ 3,360		S/ 3,912	S/ 3,912		S/ 4,464	S/ 4,464
<b>Egresos</b>		-S/ 330	-S/ 330		-S/ 330	-S/ 330		-S/ 330	-S/ 330
<b>Flujo neto</b>	-S/ 4,000	S/ 3,030	S/ 3,030	-S/ 4,000	S/ 3,582	S/ 3,582	-S/ 4,000	S/ 4,134	S/ 4,134
<b>VAN</b>	S/		1,120.85	S/		2,053.76	S/		2,986.67
<b>TIR</b>		32.79%			49.46%			65.72%	

### 3.9. Discusión de los resultados

La encuesta fue realizada a 22 personas del centro poblado la Cría, todos los encuestados utilizan motobomba, el riego es una vez por semana para el cultivo de maíz el cual es el predominante en la zona.

Los conceptos utilizados fueron diseños propuestos por autores que se basaron en el principio de funcionamiento de una bomba tipo espiral, cada uno fue analizado mediante una matriz de criterios ponderados obteniendo el concepto 6 el más óptimo y adaptable para nuestro diseño.

Como no se obtuvo código, normas y estándares de diseño de las bombas de tipo espiral, se procedió a extraer las recomendaciones de diseño de los artículos de investigación que orientaron la forma final de la bomba tipo espiral y los rangos de los parámetros importantes en el diseño. Este proceso resulto ser muy importante para la obtención de datos iniciales para los siguientes pasos de diseño.

Extrayendo los datos y las recomendaciones más relevantes se procedió a delinear rangos para el diseño. Se propuso que el agua extraída del canal Taymi será almacenada en un tanque ubicado a un desnivel de 5 metros desde el nivel del agua, para que cuando los pobladores necesiten utilizarla puedan acceder fácilmente. La Tabla 9 es de suma importancia para continuar con la metodología de diseño.

La determinación de criterios ponderados es un método de evaluación válido, el cual sirve para lograr obtener la selección más óptima basándose de criterios establecidos de acuerdo al tipo de diseño. Dichos matriz es establecida como válida por (Eggert, 2010; Dieter, 2013).

Se seleccionó el material de tubería de acuerdo a las recomendaciones de diseño, para la rueda, chasis y eje se eligió un material que tenga como principal característica una alta resistencia a la corrosión. Utilizamos el AISI 304 por ser el que nos ofrece mayor resistencia a la corrosión y una mejor soldabilidad, no se eligió el 316 por el costo y porque el fluido en contacto será agua, la cual no tiene un nivel de acidez elevada como para utilizar el 316. Tampoco se utilizó el acero estructural ASTM A-36 porque, aunque nosotros pintemos la estructura con pintura anticorrosiva esta no durará mucho tiempo.

En la investigación no se encontraron trabajos previos que reflejen el diseño paramétrico mediante el software de interface gráfica de usuario (GUI). Se utilizó la caja negra para el diseño paramétrico de sistema hidráulico parametrizando las variables diámetro de la tubería de las espiras, diámetro de la rueda, presión atmosférica y numero

de espiras. Los resultados obtenidos mediante la GUI fueron corroborados mediante el cálculo manual del Anexo 7. De las gráficas obtenidas se puede ver que la presión afecta ligeramente al sistema hidráulico de la bomba, esto fue corroborado por la gráfica de la Figura 26. En la Figura 26, si observamos la trayectoria del desnivel máximo suministrado a 3 espiras es casi una línea recta a presiones de 7 a 10mca, conforme aumenta el número de espiras empieza variar ligeramente. Por otro lado, en la Figura 27 se evidencia que el caudal de salida de la bomba aumentará conforme aumente el diámetro de la tubería y la velocidad del fluido.

Las cargas sobre el chasis de la bomba son las fuerzas gravitacionales y la fuerza del fluido, los caudales de los últimos cinco años se obtuvieron del gobierno regional de Lambayeque. Se colocaron solo resultados, los cálculos se anexaron para no hacer tan extenso el capítulo de resultados.

Teniendo las fuerzas sobre la estructura se llevaron al programa de diseño. Primero se realizó un análisis estático evaluando la deformación total como se muestra en la Figura 30 en el cual se notó que la mayor deformación de 2.125 mm el cual ocurría en la parte frontal del chasis. No se tiene deformación en la parte posterior del chasis pues la fuerza del agua será aprovechada por la rueda. En la Figura 31 se analizó el factor de seguridad obteniendo un factor de seguridad máximo de 5 y un factor mínimo de 1.1, en la Figura 32 se muestra más de cerca donde está el factor de seguridad mínimo. El material utilizado fue tubo cuadrado de 2"x2"x2 mm, no se analizó con espesor de 1mm o 1.5mm porque con este espesor de tubo se dificultaría la soldabilidad de la estructura diseñada.

En el diseño del eje hueco se simuló el tubo redondo de acero inoxidable que cumplía con la especificación de la Tabla 9. El primer tubo que cumplía con esa condición era el de 2", obteniendo este tubo se simuló a diferentes espesores. El tubo que nos brinda un menor esfuerzo cortante es el de cedula 40. Comparando el factor de seguridad, el único tubo que nos brinda un factor de seguridad mayor a 2 es el de cedula 40. Por lo tanto, el elegido fue el tubo de 2" de cedula 40.

El costo de la bomba resultó 4000soles, 330 soles en el mantenimiento anual. De los encuestados, los agricultores que gastan más de 200 soles mensual le resultaría beneficioso adquirir la bomba, tendrían un retorno mayor al 15% en un periodo de dos años. Por otro lado, las personas que gastan menos de 200 soles mensuales no tendrían una tasa de retorno mayor al 12% para ellos el retorno de la inversión (ROI) se acerca a 0 y en algunos casos es negativo.

**CAPITULO 4**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Para iniciar con el diseño bomba fue indispensable determinar las necesidades de los agricultores mediante una encuesta, buscar las normas o estándares de diseño para luego consolidarlo en especificaciones de rangos deseados para las funciones del equipo, esto nos brindó una secuencia de rigor adecuado que permitió definir el problema y fue de suma importancia para seguir con los siguientes pasos del diseño: conceptual, de configuración y paramétrico.

La selección del diseño conceptual a través de la matriz de selección de criterios ponderado de Eggert, permitió conocer y evaluar las ventajas y desventajas entre los seis conceptos presentados. La técnica de esta matriz determinó decididamente que el concepto 6: Bomba tipo espiral con dos capas de espiras es la más adecuada para este trabajo de investigación.

El material elegido fue el AISI 304 el cual nos brinda una mayor duración a la corrosión y a la soldabilidad en comparación con los otros aceros inoxidables de la serie martensítica, ferrítica y austenita; las propiedades de este material fueron utilizadas para realizar las simulaciones por método de elemento finito.

Los resultados obtenidos de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) presentan similitud con el cálculo manual realizado. Las gráficas y tablas paramétricas permitieron la apreciación global del comportamiento de las variables de solución en función de las variables de diseño. Esto permitió ver el efecto mínimo que tiene la presión atmosférica sobre el sistema hidráulico. Por tanto, el diseño paramétrico es una excelente herramienta para la toma de decisiones en el análisis de partes críticas.

El diseño de configuración del chasis se apoyó en el software Solidworks, permitiendo diseñar adecuadamente la geometría final además de brindar una opción muy versátil para simular las cargas que afectan al chasis de la bomba tipo espiral con lo que se obtuvo que el factor de seguridad de máximo de 5 para el tubo cuadrado de 2"x2"x2mm de espesor.

El diseño del eje se apoyó en el software de diseño, comparando el tubo de 2" a diferentes espesores obteniendo que el tubo de cedula 40 brinda un mayor factor de seguridad y un menor esfuerzo cortante frente a los otros espesores.

Se concluye que el proyecto es rentable para los agricultores que gastan más de 200 soles mensuales dado que el VAN es positivo con periodo de retorno 24 meses, además el TIR es mayor al 15%, lo que demuestra que la inversión es atractiva. Del ROI (mayor a 40%) se refuerza la idea de una buena rentabilidad económica.

El presente trabajo destaca entre los trabajos previos revisados en que todo su desarrollo está fundamentado en una metodología formal de diseño recomendada por especialistas del área Eggert (2005) y Dieter y Bacon (2013). Esta forma de atacar un problema de diseño presenta la gran ventaja de conducir al ingeniero diseñador a través de los más relevantes estudios de diseño ingenieril y las posibilidades de mejora que esto involucra.

#### **4.2. Recomendaciones**

Para el diseño del chasis podría verse la opción de utilizar otro tipo de perfil, teniendo estas opciones llevarlo al software de diseño y comparar los diferentes resultados.

# REFERENCIAS

#### 4. REFERENCIAS

- Thompson, P., Milonova, S., Reha, M., Mased, F. y Tromble, I. (2011). Coil Pump Design for a Community Fountain in Zambia. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 6(1), 33 – 45. DOI: <https://doi.org/10.24908/ijse.v6i1.3217>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012). *Cuarto Censo Nacional Agropecuario del Perú*. Recuperado de [http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENA\\_GRO.pdf](http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENA_GRO.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua (2009). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú*. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas\\_estrategias\\_rh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf)
- Municipalidad Distrital de Pátapo (2005). *Historia de Pátapo*. Recuperado de [http://www.munipatapo.gob.pe/paginas.php?historia\\_distrito=historia\\_distrito](http://www.munipatapo.gob.pe/paginas.php?historia_distrito=historia_distrito)
- Autoridad Nacional del Agua (2011). *Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Chancay*. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/media/373879/informe%20t%C3%A9cnico%20no.%20154-2011-ana-dgcrh\\_mlzt\\_fmha.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/373879/informe%20t%C3%A9cnico%20no.%20154-2011-ana-dgcrh_mlzt_fmha.pdf)
- Morgan, Peter R. (1984). "A New Water Pump: Spiral Tube", *The Zimbabwe Rhodesia Science News*. 13(18):179-180. Recuperado de: <https://lurkertech.com/water/pump/morgan/blair/>
- Patil, N. R., Gaikwad, S. R., Navale, R. A., & Sonawane, D. S. (2014). Design, Manufacturing and Performance Analysis of Spiral Coil Pump. In *Applied Mechanics and Materials*, 446(447), 549 - 552. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.446-447.549>
- Praveen, D. & Harshal, R. (2016). Spiral Tube Water Wheel Pump. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication (IJRITCC)*, 4(4), 137 – 139. Recuperado de: [http://www.ijritcc.org/download/conferences/ICMTEST\\_2016/ICMTEST\\_2016\\_Track/1462002066\\_30-04-2016.pdf](http://www.ijritcc.org/download/conferences/ICMTEST_2016/ICMTEST_2016_Track/1462002066_30-04-2016.pdf)

- Córdova, R. (2006). *Diseño y construcción de un sistema rueda hidráulica – bomba* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador
- Terán, M. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas de espiral* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí - 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* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador
- Heredia, L. (2009). *Construcción y ensayo de una rueda hidráulica de corriente libre de 2m de diámetro* (tesis de pregrado). Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Auccacusi D. (2014). *Análisis Técnico y Económico para la Selección del Equipo Optimo de Bombeo en Muskarumi – Pucyura – Cusco usando Fuentes Renovables de Energía* (tesis de pregrado). Universidad Católica del Perú, Lima
- Da Rocha, J. (2014). *Bomba de espiral. Una bomba de agua de baja velocidad. Proyecto para dar de beber a una manada pastoreo de ganado usando una bomba de autosuficiencia energética* (tesis de pregrado). Institutur Superior de Ingeniería de Porto, Porto – Brasil.
- Zenz, F.A. (1993). Explore the potential of air-lift pumps and multiphase. *Progreso de la ingeniería química* 89 (8). Recuperado de: <https://www.osti.gov/biblio/5883822-explore-potential-air-lift-pumps-multiphase>
- Tailer, Peter. (2005). *The Spiral Pump, a High Lift, Slow Turning Pump*. <http://lurkertech.com/water/pump/tailer/>.
- Fraenkel, P. L. (2006). Water lifting devices. *Water lifting devices*.
- Moot, R.L. (2006) *Mecánica de fluidos*. México: Pearson Educacion S.A.
- Eggert, R. (2010). *Engineering design*. The United States, Meridian: High Peak Press.
- Dieter, G. E. & Schmidt, L. C. (2013). *Engineering design*. The United States, New York: McGraw-Hill.
- Kassab, S. Z., Naby, A. A., & El Sayed, I. (2005). Coil Pump Performance under variable Operating Conditions. *In Proceedings of 9 th International Water Technology Conference, IWTC9, Sharm El-Sheikh, Egypt (Vol. 2, pp. 655-672)*. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/d059/af3c27a4ea5725225e0000992389a72d083a.pdf>

Mortimer, G. H., & Annable, R. (1984). The coil pump-theory and practice. *Journal of Hydraulic Research*, 22(1), 9-22. DOI: <https://doi.org/10.1080/00221688409499408>

Ramón, L y Vallejo, D. (2005). *Diseño y construcción de un ariete y de una rueda hidráulica para bombeo de agua en la granja experimental San marcos del HCPP* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui – Ecuador.

# **ANEXOS**

# ANEXOS

## Anexo 1

### ENCUESTA A LOS AGRICULTORES DEL CENTRO POBLADO LA CRÍA

Alumno : Diego Esteban Gutiérrez Camargo

Jeinner Alberto Tafur Naquiche

Universidad : Universidad Señor de Sipán

Escuela : Ingeniería Mecánica Eléctrica

1. ¿Cuántas hectáreas de terreno posee?  
a. 4 Ha    b. 3 Ha    c. 2 Ha    d. 1 Ha    e. Menos que 1 Ha
2. ¿Qué medios suele usar para obtener agua de riego?  
a. Bombas    b. Cisterna    c. Forma manual    d. Otros: .....
3. ¿Con qué frecuencia extrae agua?  
a. 2 veces/día    b. diaria    c. 1 vez/semana    d. Otros:.....
4. En caso de usar bombas. ¿Cómo energiza este equipo?  
a. Grupo electrógeno    b. Motor Acoplado    c. Otros: .....
5. ¿Qué combustible utiliza para los motores?  
a. Petróleo    b. Gasolina    c. Diésel    d. Querosene
6. ¿Cuánto combustible utiliza en cada uso del motor?  
a. 10gal    b. 8gal    c. 6gal    d. 5gal    e. 4gal    f. 2gal    g. 1gal    h. <1 gal
7. ¿Cree usted que es costosa la extracción de agua?  
.....
8. ¿Sufrió alguna vez usted algún accidente con el uso de las bombas actuales?  
.....
9. ¿En cuánto le afecta usar este tipo de bombas para extraer agua?  
.....
10. ¿Conoce alguna forma alternativa de extraer agua?  
.....
11. ¿Usted tiene conocimiento del funcionamiento y ventajas de la bomba tipo espiral?  
.....

12. Teniendo en cuenta que la bomba tipo espiral es un sistema de riego alternativo el cual se puede utilizar las 24 horas de día, teniendo una reducción en el costo total para la extracción de agua y sin gasto de combustible. ¿Cree usted que es importante renovar el uso de las bombas actuales por la bomba tipo espiral?

.....

13. ¿Estaría interesado en poseer una bomba tipo espiral para sus cultivos?

.....

14. Teniendo en cuenta que usted no gastaría en combustible. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bomba tipo espiral?

.....

15. ¿En cuánto tiempo piensa podría recuperar la inversión de comprar una bomba tipo espiral?

.....

## Anexo 2

# INFORMACION OBTENIDA EN LA VISITA AL CENTRO POBLADO

## Encuesta 1

**Encuesta a los agricultores del Centro Poblado la Cría**

Alumno : Diego Esteban Gutiérrez Camargo  
Jeinner Alberto Tafur Naquiche

Universidad : Universidad Señor de Sipán

Escuela : Ingeniería Mecánica Eléctrica

1. ¿Cuántas hectáreas de terreno posee?  
a. 4 Ha    b. 3 Ha    c. 2 Ha    d. 1 Ha     Menos que 1 Ha <sup>3/4</sup>
2. ¿Qué medios suele usar para obtener agua de riego?  
 Bombas    b. Cisterna    c. Forma manual    d. Otros: .....
3. ¿Con qué frecuencia extrae agua?  
a. 2 veces/día    b. diaria    c. 1 vez/semana     d. Otros: Facna
4. En caso de usar bombas. ¿Cómo energiza este equipo?  
a. Grupo electrógeno     Motor Acoplado    c. Otros: .....
5. ¿Qué combustible utiliza para los motores?  
 Petróleo    b. Gasolina    c. Diésel    d. Querosene
6. ¿Cuánto combustible utiliza en cada uso del motor?  
a. 10gal    b. 8gal    c. 6gal    d. 5gal    e. 4gal    f. 2gal     1gal    h. <1 gal
7. ¿Cree usted que es costosa la extracción de agua?  
..... Si .....
8. ¿Sufrió alguna vez usted algún accidente con el uso de las bombas actuales?  
..... No .....
9. ¿En cuánto le afecta usar este tipo de bombas para extraer agua?  
..... Muy costosa, Mucho tiempo .....
10. ¿Conoce alguna forma alternativa de extraer agua?  
..... No .....
11. ¿Usted tiene conocimiento del funcionamiento y ventajas de la bomba tipo espiral?  
..... No .....
12. Teniendo en cuenta que la bomba tipo espiral es un sistema de riego alternativo el cual se puede utilizar las 24 horas de día, teniendo una reducción en el costo total para la extracción de agua y sin gasto de combustible. ¿Cree usted que es importante renovar el uso de las bombas actuales por la bomba tipo espiral?  
..... Si .....

13. ¿Estaría interesado en poseer una bomba tipo espiral para sus cultivos?

Si

14. Teniendo en cuenta que usted no gastaría en combustible. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bomba tipo espiral?

1.2 mil

15. ¿En cuánto tiempo piensa podría recuperar la inversión de comprar una bomba tipo espiral?

~~Menos que la motobomba~~ Menos que la motobomba

## Encuesta 2

### Encuesta a los agricultores del Centro Poblado la Cría

Alumno : Diego Esteban Gutiérrez Camargo

Jeinner Alberto Tafur Naquiche

Universidad : Universidad Señor de Sipán

Escuela : Ingeniería Mecánica Eléctrica

1. ¿Cuántas hectáreas de terreno posee?  
a. 4 Ha    b. 3 Ha     c. 2 Ha    d. 1 Ha    e. Menos que 1 Ha
2. ¿Qué medios suele usar para obtener agua de riego?  
 a. Bombas    b. Cisterna    c. Forma manual    d. Otros: .....
3. ¿Con qué frecuencia extrae agua?  
a. 2 veces/día    b. diaria    c. 1 vez/semana    d. Otros: *4mes*
4. En caso de usar bombas, ¿Cómo energiza este equipo?  
a. Grupo electrógeno     b. Motor Acoplado    c. Otros: .....
5. ¿Qué combustible utiliza para los motores?  
 a. Petróleo    b. Gasolina    c. Diésel    d. Querosene
6. ¿Cuánto combustible utiliza en cada uso del motor?  
a. 10gal    b. 8gal    c. 6gal     d. 5gal    e. 4gal    f. 2gal    g. 1gal    h. <1 gal
7. ¿Cree usted que es costosa la extracción de agua?  
..... *si* .....
8. ¿Sufrió alguna vez usted algún accidente con el uso de las bombas actuales?  
..... *No* .....
9. ¿En cuánto le afecta usar este tipo de bombas para extraer agua?  
..... *Tiempo y dinero* .....
10. ¿Conoce alguna forma alternativa de extraer agua?  
..... *No* .....
11. ¿Usted tiene conocimiento del funcionamiento y ventajas de la bomba tipo espiral?  
..... *No* .....
12. Teniendo en cuenta que la bomba tipo espiral es un sistema de riego alternativo el cual se puede utilizar las 24 horas de día, teniendo una reducción en el costo total para la extracción de agua y sin gasto de combustible. ¿Cree usted que es importante renovar el uso de las bombas actuales por la bomba tipo espiral?  
..... *si* .....

13. ¿Estaría interesado en poseer una bomba tipo espiral para sus cultivos?  
..... *si* .....

14. Teniendo en cuenta que usted no gastaría en combustible. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bomba tipo espiral?  
..... *Menos que la motobomba / Mte? 2500* .....

15. ¿En cuánto tiempo piensa podría recuperar la inversión de comprar una bomba tipo espiral?  
..... *Menos que la motobomba / 5 años* .....

## FOTOS DE LAS BOMBAS UTILIZADAS





## **COSTO DE MANTEMINIENTO**

Para obtener el costo de mantenimiento se obtuvo el precio de los componentes que se cambian en este mantenimiento y se le agregó la mano de obra. Obteniendo lo que se muestra a continuación:

<b>PARTES</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>COSTO</b>	
<b>MOTOR</b>	Bujias	S/	100.00
	Filtro de aire	S/	90.00
	Filtro de gasolina	S/	50.00
<b>BOMBA</b>	Rodamientos	S/	80.00
	Faja	S/	60.00
	Mano de obra	S/	100.00
	<b>COSTO TOTAL</b>	S/	480.00

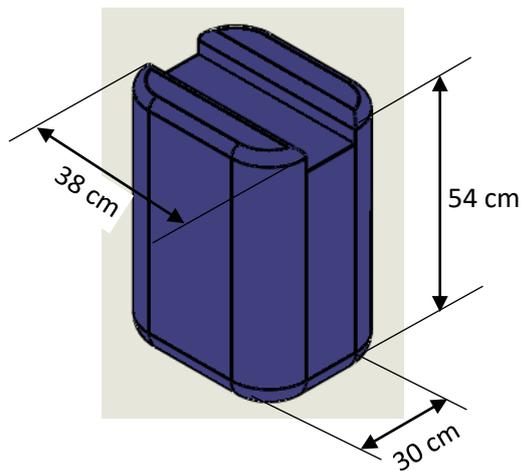
### Anexo 3

### FLOTADORES

Para abaratar costos se eligieron como flotadores galoneras vacías de químicos pesticidas, como se muestra en la siguiente imagen:



Las medidas de esta galonera son como se muestra a continuación:



## Anexo 4

# DATOS DEL PROYECTO ESPECIAL OLMOS LAMBAYEQUE – GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE



### PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES AREA DE OPERACIONES TABLA DE DESCARGA

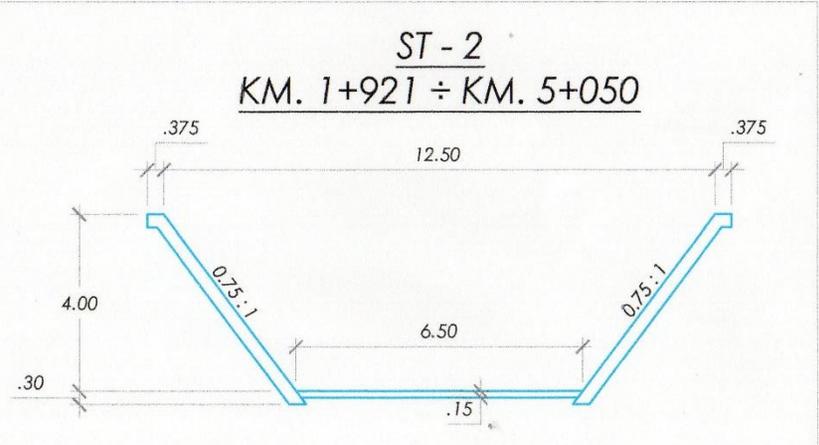
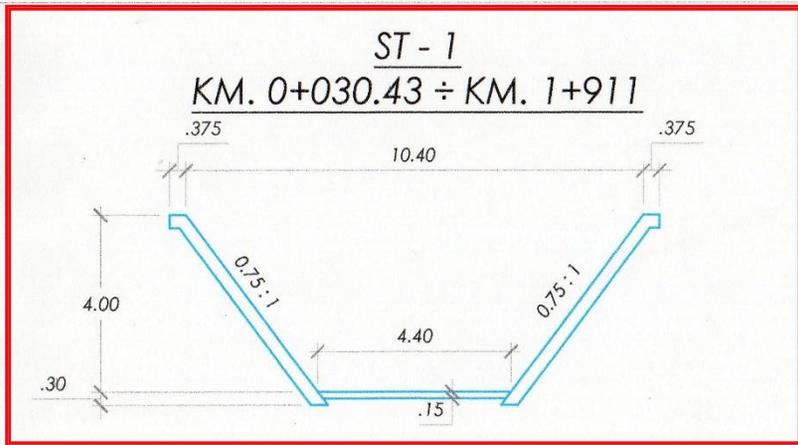
CANAL TAMYI ESTACIÓN Km 1 + 050

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
m	m <sup>3</sup> /s														
0.01	0.000	0.41	1.010	0.81	4.11	1.21	9.404	1.61	16.945	2.01	26.776	2.41	38.927	2.81	53.426
0.02	0.002	0.42	1.061	0.82	4.216	1.22	9.565	1.62	17.163	2.02	27.051	2.42	39.261	2.82	53.819
0.03	0.005	0.43	1.114	0.83	4.323	1.23	9.727	1.63	17.382	2.03	27.328	2.43	39.596	2.83	54.213
0.04	0.008	0.44	1.168	0.84	4.431	1.24	9.891	1.64	17.603	2.04	27.606	2.44	39.933	2.84	54.609
0.05	0.013	0.45	1.223	0.85	4.540	1.25	10.056	1.65	17.825	2.05	27.886	2.45	40.271	2.85	55.006
0.06	0.019	0.46	1.280	0.86	4.651	1.26	10.222	1.66	18.048	2.06	28.167	2.46	40.611	2.86	55.404
0.07	0.026	0.47	1.338	0.87	4.763	1.27	10.390	1.67	18.273	2.07	28.450	2.47	40.952	2.87	55.805
0.08	0.035	0.48	1.398	0.88	4.877	1.28	10.560	1.68	18.499	2.08	28.734	2.48	41.294	2.88	56.206
0.09	0.044	0.49	1.458	0.89	4.992	1.29	10.731	1.69	18.727	2.09	29.019	2.49	41.638	2.89	56.609
0.10	0.055	0.50	1.520	0.90	5.108	1.30	10.903	1.70	18.956	2.10	29.306	2.50	41.984	2.90	57.014
0.11	0.067	0.51	1.584	0.91	5.226	1.31	11.076	1.71	19.187	2.11	29.595	2.51	42.331	2.91	57.420
0.12	0.080	0.52	1.648	0.92	5.345	1.32	11.251	1.72	19.419	2.12	29.885	2.52	42.679	2.92	57.828
0.13	0.095	0.53	1.714	0.93	5.465	1.33	11.428	1.73	19.652	2.13	30.176	2.53	43.029	2.93	58.237
0.14	0.110	0.54	1.782	0.94	5.587	1.34	11.606	1.74	19.887	2.14	30.469	2.54	43.381	2.94	58.647
0.15	0.127	0.55	1.851	0.95	5.711	1.35	11.785	1.75	20.124	2.15	30.763	2.55	43.733	2.95	59.059
0.16	0.145	0.56	1.921	0.96	5.835	1.36	11.966	1.76	20.361	2.16	31.059	2.56	44.088	2.96	59.473
0.17	0.164	0.57	1.992	0.97	5.961	1.37	12.148	1.77	20.601	2.17	31.356	2.57	44.444	2.97	59.888
0.18	0.185	0.58	2.065	0.98	6.089	1.38	12.331	1.78	20.841	2.18	31.655	2.58	44.801	2.98	60.304
0.19	0.207	0.59	2.139	0.99	6.217	1.39	12.516	1.79	21.083	2.19	31.955	2.59	45.160	2.99	60.722
0.20	0.230	0.60	2.214	1.00	6.348	1.40	12.703	1.80	21.327	2.20	32.256	2.60	45.520	3.00	61.142
0.21	0.254	0.61	2.291	1.01	6.479	1.41	12.890	1.81	21.572	2.21	32.559	2.61	45.882		
0.22	0.280	0.62	2.369	1.02	6.612	1.42	13.080	1.82	21.818	2.22	32.864	2.62	46.245		
0.23	0.307	0.63	2.448	1.03	6.746	1.43	13.270	1.83	22.066	2.23	33.170	2.63	46.609		
0.24	0.335	0.64	2.529	1.04	6.882	1.44	13.462	1.84	22.316	2.24	33.477	2.64	46.976		
0.25	0.364	0.65	2.611	1.05	7.019	1.45	13.656	1.85	22.567	2.25	33.786	2.65	47.343		
0.26	0.395	0.66	2.695	1.06	7.158	1.46	13.851	1.86	22.819	2.26	34.097	2.66	47.712		
0.27	0.427	0.67	2.780	1.07	7.298	1.47	14.047	1.87	23.072	2.27	34.408	2.67	48.083		
0.28	0.460	0.68	2.866	1.08	7.439	1.48	14.245	1.88	23.328	2.28	34.722	2.68	48.455		
0.29	0.495	0.69	2.954	1.09	7.582	1.49	14.444	1.89	23.584	2.29	35.036	2.69	48.828		
0.30	0.530	0.70	3.043	1.10	7.726	1.50	14.644	1.90	23.842	2.30	35.352	2.70	49.203		
0.31	0.567	0.71	3.133	1.11	7.871	1.51	14.847	1.91	24.102	2.31	35.670	2.71	49.580		
0.32	0.606	0.72	3.224	1.12	8.018	1.52	15.050	1.92	24.362	2.32	35.989	2.72	49.958		
0.33	0.645	0.73	3.317	1.13	8.167	1.53	15.255	1.93	24.625	2.33	36.310	2.73	50.337		
0.34	0.686	0.74	3.412	1.14	8.316	1.54	15.461	1.94	24.889	2.34	36.632	2.74	50.718		
0.35	0.729	0.75	3.508	1.15	8.468	1.55	15.669	1.95	25.154	2.35	36.955	2.75	51.101		
0.36	0.772	0.76	3.605	1.16	8.620	1.56	15.878	1.96	25.420	2.36	37.280	2.76	51.484		
0.37	0.817	0.77	3.703	1.17	8.774	1.57	16.088	1.97	25.689	2.37	37.607	2.77	51.870		
0.38	0.863	0.78	3.803	1.18	8.929	1.58	16.300	1.98	25.958	2.38	37.935	2.78	52.257		
0.39	0.911	0.79	3.904	1.19	9.086	1.59	16.514	1.99	26.229	2.39	38.264	2.79	52.645		
0.40	0.960	0.80	4.007	1.20	9.244	1.60	16.729	2.00	26.502	2.40	38.595	2.80	53.035		

H = Altura de mira Q = Caudal m/s



CANAL TAYMI





PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES



	CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS (KM 1+050) CANAL TAYMI m3/seg.											
	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12
1	1.256	35.411	42.340	36.147	37.199	16.139	13.956	10.577	15.042	-	12.406	8.305
2	14.338	28.117	43.671	34.965	35.931	15.736	13.293	9.386	14.619	-	12.299	7.858
3	13.918	48.175	41.349	37.834	34.198	15.628	12.859	9.371	0.557	-	12.253	8.004
4	17.989	49.566	43.417	40.565	34.839	14.582	12.677	10.237	0.169	-	12.166	6.860
5	19.936	51.147	39.769	40.566	34.347	15.757	13.289	10.266	-	-	11.582	7.281
6	20.819	53.127	39.025	41.685	33.843	14.717	14.051	9.819	-	-	10.684	7.460
7	22.138	49.480	39.094	40.671	32.458	12.803	12.998	10.097	-	-	10.291	7.052
8	25.056	45.883	39.289	41.537	29.461	12.875	12.885	10.142	-	-	10.990	7.343
9	27.897	53.415	43.957	32.118	28.349	13.696	12.345	10.819	-	-	11.240	7.474
10	29.397	56.320	53.875	44.097	28.681	13.013	10.554	10.985	-	-	10.372	7.366
11	23.305	49.269	57.264	45.483	29.092	3.920	11.195	10.822	-	-	10.315	7.351
12	20.312	51.104	59.205	47.939	29.532	3.825	10.812	11.413	-	-	10.630	7.925
13	23.524	50.157	60.048	47.141	26.052	13.281	9.964	12.383	-	-	10.655	7.595
14	23.614	50.423	60.556	48.749	24.836	14.089	10.203	11.946	-	-	11.152	7.547
15	38.720	53.251	57.963	48.238	24.586	14.716	10.148	11.567	-	-	10.218	7.743
16	40.105	55.196	59.489	46.099	24.434	14.693	9.415	11.018	-	5.972	9.297	8.670
17	37.585	51.872	58.146	46.301	23.841	12.315	10.347	10.777	-	6.462	9.323	21.280
18	41.503	54.108	47.583	45.184	24.225	-	9.988	10.998	-	6.669	9.657	20.274
19	40.122	55.931	40.623	44.502	24.149	-	10.092	12.304	-	7.355	9.053	20.959
20	36.307	45.756	27.999	42.344	23.176	-	8.935	11.459	-	12.001	7.237	21.487
21	31.917	0.750	9.036	40.464	22.715	-	9.762	11.260	-	13.179	9.281	21.722
22	36.741	5.679	10.962	36.225	22.256	1.250	9.320	11.321	-	12.986	9.974	21.866
23	25.696	28.263	20.292	36.071	20.905	14.163	9.271	11.336	-	12.578	9.710	22.178
24	25.757	37.376	27.321	35.483	21.130	14.604	9.900	12.211	-	11.432	9.764	22.433
25	28.128	40.421	21.809	35.963	20.982	14.576	9.741	13.013	-	12.007	10.426	22.291
26	27.849	40.114	26.395	35.292	21.336	6.859	10.183	12.158	-	11.938	9.858	22.795
27	28.161	40.700	29.763	36.277	20.123	6.997	10.604	12.391	-	13.502	9.324	25.897
28	37.522	38.664	29.732	36.236	19.028	6.959	10.771	11.948	-	13.452	10.287	26.357
29	30.200	35.140	31.828	36.843	18.511	6.959	10.734	12.475	-	13.726	10.723	27.824
30	30.083		32.455	36.841	18.382	14.514	11.020	13.357	-	12.768	10.766	27.746
31	32.542		35.388		17.347		10.900	14.357		12.799		27.202
SUMA	850.444	1.254.815	1.229.643	1.217.860	805.944	308.666	342.192	352.213	30.387	178.826	311.933	474.145
PRO	27.434	43.269	39.666	40.595	25.998	10.289	11.038	11.382	1.013	5.769	10.398	15.295
MAX	41.503	56.320	60.556	48.749	37.199	16.139	14.051	14.357	15.042	13.726	12.406	27.824
MIN	1.256	0.750	9.036	32.118	17.347	0.000	8.935	9.371	0.000	0.000	7.237	6.880
MASA	73,478,382	108,416,016	106,241,155	105,223,104	69,633,562	26,868,742	29,565,389	30,431,203	2,625,437	15,450,566	26,951,011	40,986,128

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría





PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES



CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS (KM 1+050) CANAL TAYMI m <sup>3</sup> /seg												
	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
1	-	17.118	37.131	25.793	35.604	26.973	9.858	8.936				
2	-	15.187	38.902	25.102	28.052	23.965	9.806	8.560				
3	-	0.881	38.509	24.053	26.233	21.836	9.814	8.577				
4	-	0.129	29.999	26.151	26.880	18.982	9.807	9.097				
5	-	0.123	0.147	27.819	36.431	17.729	9.562	8.455				
6	-	0.083	4.034	32.137	38.152	15.493	10.974	8.636				
7	-	16.657	34.624	35.669	36.973	16.089	12.424	8.253				
8	-	17.589	35.585	36.187	33.977	16.592	11.079	9.038				
9	-	17.572	37.749	34.783	34.065	17.517	9.209	8.986				
10	-	16.846	35.601	37.520	35.683	18.703	-	8.659				
11	-	18.189	29.289	40.983	33.879	17.056	10.377	9.597				
12	-	18.696	25.488	40.727	30.925	6.048	12.332	9.536				
13	15.557	18.754	20.267	40.706	27.436	7.400	11.780	9.040				
14	15.686	29.287	6.478	38.826	25.635	7.880	10.170	9.287				
15	14.363	29.517	-	38.659	20.422	7.880	9.397	9.535				
16	14.121	29.699	-	34.755	21.306	8.536	8.758	9.168				
17	14.072	25.036	0.875	31.913	22.806	16.557	8.591	9.336				
18	14.207	31.105	3.680	35.895	22.711	16.316	9.400	10.041				
19	14.209	32.216	2.290	37.849	24.084	16.075	9.876	9.774				
20	17.132	31.017	2.776	40.874	23.626	16.034	8.191	10.317				
21	17.482	30.659	5.547	44.442	24.102	15.895	8.796	10.238				
22	17.232	26.676	6.075	42.854	23.678	15.658	8.911	6.753				
23	17.232	26.289	7.837	41.825	24.840	15.054	8.542	11.973				
24	17.206	26.550	10.835	41.812	24.558	13.817	8.862	11.648				
25	17.772	26.472	7.006	36.732	24.243	13.974	7.328	11.828				
26	18.014	25.914	14.599	37.725	21.747	14.305	7.472	13.134				
27	18.376	29.293	19.600	38.227	20.204	16.054	8.105	13.032				
28	18.504	36.056	21.004	41.046	17.754	15.977	8.510	14.068				
29	18.224		26.394	37.366	15.646	14.933	8.145	15.340				
30	18.210		27.793	35.640	17.402	15.306	8.107	14.301				
31	17.693		26.110		16.829		8.425					
SUMA	315.292	593.610	566.222	1.084.080	815.883	464.634	282.608	305.143				
PRO	10.171	21.200	17.943	36.136	26.319	15.488	9.116	10.171				
MAX	18.504	36.056	38.902	44.442	38.152	26.973	12.424	15.340				
MIN	0.000	0.083	0.000	24.053	15.646	6.048	0.000	6.753				
MASA	27.241.229	51.287.904	48.057.581	93.664.512	70.492.291	40.144.378	24.417.331	26.364.355				

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría



---

**CUADRO RESUMEN DE LOS CAUDALES BRINDADOS**

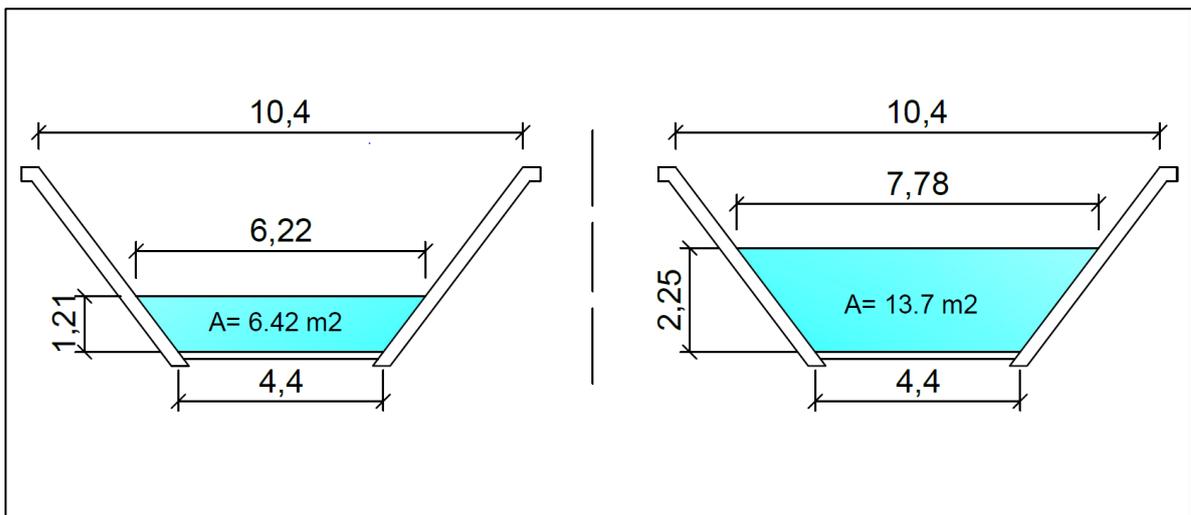
---

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Caudal promedio mensual (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal por meses (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>2012</b>	Enero	27.734	35.452
	Febrero	43.269	
	Marzo	39.666	
	Abril	40.595	
	Mayo	25.998	
	Junio	10.289	
	Julio	11.038	
	Agosto	11.362	
	Noviembre	10.398	
	Diciembre	15.295	
<b>2013</b>	Enero	42.312	38.823
	Febrero	48.165	
	Marzo	42.319	
	Abril	39.397	
	Mayo	21.920	
	Junio	10.166	
	Julio	10.478	
	Agosto	12.812	
	Noviembre	9.169	
	Diciembre	14.534	
<b>2014</b>	Enero	38.605	33.279
	Marzo	45.283	
	Abril	31.042	
	Mayo	18.186	
	Junio	5.606	
	Julio	6.060	
	Agosto	6.273	
	Diciembre	10.004	
<b>2015</b>	Enero	34.771	32.240
	Febrero	43.004	
	Marzo	33.083	
	Abril	35.083	
	Mayo	15.258	
	Junio	8.050	
	Julio	8.206	
	Agosto	9.026	
	Noviembre	10.637	
	Diciembre	8.988	
<b>2016</b>	Enero	27.918	34.015
	Febrero	48.010	
	Marzo	38.403	
	Abril	37.794	

---

	Mayo	17.950	
	Junio	6.534	6.147
	Julio	6.432	
	Agosto	5.476	
<b>2017</b>	Febrero	21.200	27.900
	Marzo	17.943	
	Abril	36.136	
	Mayo	36.319	
	Junio	15.488	11.592
	Julio	9.116	
	Agosto	10.171	

Meses	Caudal promedio (m <sup>3</sup> /s)	Altura m (Según Tabla de descarga)	Area del canal (m <sup>2</sup> )	Velocidad del canal (m/s)
<b>Enero - Mayo</b>	33.62	2.25	13.7	2.45
<b>Junio - Diciembre</b>	9.47	1.21	6.42	1.48



## Anexo 5

# CATÁLOGO DE MANGUERAS DE POLIURETANO NEGRO



CATALOGO DE MANGUERAS INDUSTRIALES  
Succión y Descarga de Agua

### SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA 4450



Manguera económica para succión de agua, diseñada para trabajo en aplicaciones en industria, construcción y agricultura. Su construcción en EPDM ofrece amplia resistencia a abrasión, herbicidas y otros químicos.

**Tubo :** EPDM negro  
**Refuerzo:** Múltiple espiral textil con alambre helicoidal  
**Cubierta :** EPDM negro  
**Factor de seguridad :** 3:1  
**Temperatura :** -29°C - 82°C

Jason Industrial Inc.

Código	Diámetro interno		Presión trabajo
	Pulgadas	mm	PSI
06443050075	1 1/2"	38.1	150
06443050100	2"	50.8	150
06443050150	2 1/2"	63.5	150
06443050200	3"	76.2	150

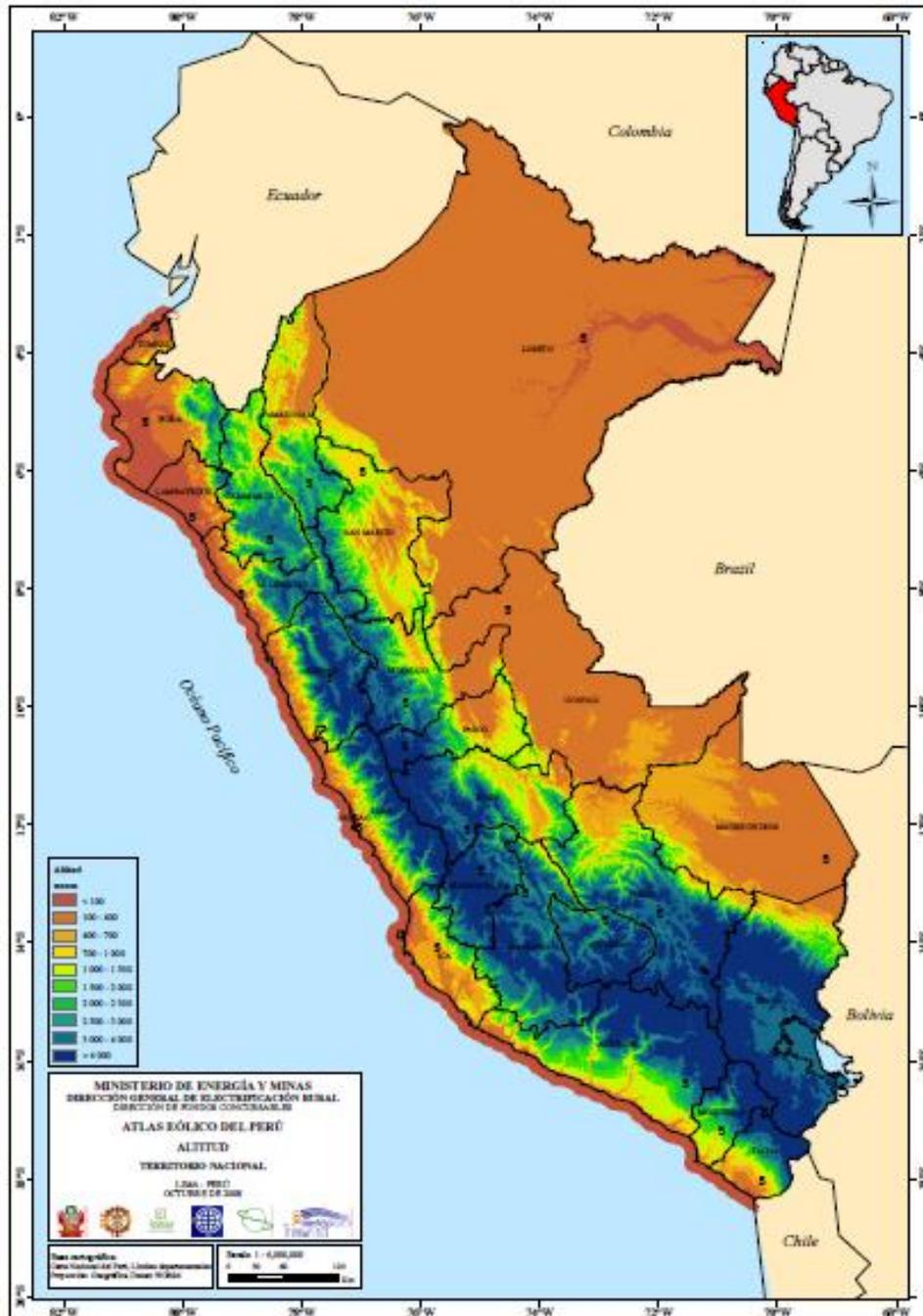


D.I.	D.E.	Ref.	Presión de T		Peso			
			PSI	BAR	lb./ft.	Kg/m		
1-1/2	38.10	1.96	49.78	2	150	10.35	0.80	1.19
2	50.80	2.49	63.25	2	150	10.35	1.11	1.65
2	50.80	2.49	63.25	2	150	10.35	1.11	1.65
2-1/2	63.50	2.99	75.95	2	150	10.35	1.75	2.60
3	76.20	3.50	88.90	2	150	10.35	2.24	3.33

## Anexo 6

### ATLAS EÓLICO DEL PERÚ

#### Altitud



## CÁLCULO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Para el cálculo de la presión atmosférica a diferentes altitudes se usará la siguiente fórmula:

$$P_{atm} = P_o' e^{-\alpha h}$$

$$\alpha = \frac{\rho_{aire} \times g}{P_o}$$

$$P_o' = \text{Presión atmosférica medida al nivel del mar (mBar)} \\ = 1013.25 \text{ mBar}$$

$$P_o = \text{Presión atmosférica medida al nivel del mar (mBar)} = 101325 \text{ Pa}$$

$$h = \text{altitud (msnm)}$$

$$\rho_{aire} = \text{Densidad del aire} \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$g = \text{gravedad} = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$\alpha = \text{Constante}$$

### Para una altura de 117 msnm

$$\rho_{aire} = 1.22 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1.22 \times 9.81}{101325} = 1.181 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$P_{atm} = 1013.25 \times e^{-1.181 \times 10^{-4} m^{-1} \times 117 m} = 999.34 \text{ mbar} * \frac{10.2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{atm} = 10.193 \text{ mca}$$

### Para una altura de 400

$$\rho_{aire} = 1.22 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1.22 \times 9.81}{101325} = 1.181 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$P_{atm} = 1013.25 \times e^{-1.181 \times 10^{-4} m^{-1} \times 400 m} = 966.49 \text{ mbar} * \frac{10.2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{atm} = 9.858 \text{ mca}$$

### Para una altura de 800

$$\rho_{aire} = 1.18 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1.18 \times 9.81}{101325} = 1.142 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$P_{atm} = 1013.25 \times e^{-1.142 \times 10^{-4} m^{-1} \times 800 m} = 924.78 \text{ mbar} * \frac{10.2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{atm} = 9.433 \text{ mca}$$

### Para una altura de 1200

$$\rho_{aire} = 1.08 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1.08 \times 9.81}{101325} = 1.045 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$P_{atm} = 1013.25 \times e^{-1.045 \times 10^{-4} m^{-1} \times 1200 m} = 893.83 \text{ mbar} * \frac{10.2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{atm} = 9.117 \text{ mca}$$

## Anexo 7

### DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA BOMBA TIPO ESPIRAL

Para el dimensionamiento del sistema hidráulico se tiene en consideración las medidas de la Tabla 13 de la sección 3.4. Diseño Paramétrico de Sistema hidráulico. Se utilizaron las formulas de la sección 1.3.5. Diseño de una bomba tipo espiral.

#### A.7.1. Cálculo del caudal y desnivel máxima de bombeo.

La presión atmosférica tomada para el cálculo es 117 msnm que es la altitud donde queda La Cría, esta presión es de 10.193 m.c.a.

DATOS GENERALES		
Desnivel, $h$	5	m
Diámetro de la rueda, $D_r$	1.5	m
Presión atmosférica, $P_{atm}$	10.193	m.c.a.

#### Altura de descarga de la última espira

$$h_n = \frac{(P_{atm} + D_r) * D_r}{P_{atm} + h} = \frac{(10.193 \text{ m. c. a.} + 1.5 \text{ m}) * 1.5 \text{ m}}{10.193 \text{ m. c. a.} + 5 \text{ m}}$$
$$h_n = 1.154 \text{ metros}$$

#### Número de espiras

$$n_e = \frac{2h}{D_r + h_n} = \frac{2 (5 \text{ m})}{1.5 \text{ m} + 1,154 \text{ m}}$$
$$n_e = 3.768 \text{ espiras}$$

#### Número de espiras reales

$$n_{re} = n_e * 1.20 = 3.768 * 1.20$$

$$n_{re} = 4.52 \text{ espiras} \approx 5 \text{ espiras}$$

Se hizo el despeje de las ecuaciones logrando obtener una ecuación que mide la altura máxima de bombeo, esta fórmula servirá para el diseño paramétrico de este sistema hidráulico. Esta ecuación es la siguiente:

## FORMULA PARA GUI - DESNIVEL MÁXIMO

$$h_{max} = \left\{ [-(2 * P_{atm}) - (D_r * n_{re})] + \sqrt{[(2 * P_{atm}) - (D_r * n_{re})]^2 - \{(4 * [2 * (-2 * n_{re} * P_{atm} * D_r) + (n_{re} * D_r^2)])\}} \right\} / 4$$

$$h_{max} = \left\{ [-(2 * 10,33) - (1,5 * 5)] + \sqrt{[(2 * 10,33) - (1,5 * 5)]^2 - \{(4 * [2 * (-2 * 5 * 10,33 * 1,5) + (5 * 1,5^2)])\}} \right\} / 4$$

$$h_{max} = 6.40 \text{ metros}$$

### A.7.2. Cálculo del caudal

DATOS GENERALES		
<b>Diámetro de la tubería, Dt</b>	0.0381	m
<b>Diámetro de la rueda, Dr</b>	1.5	m
<b>Fracción de sumersión</b>	1/3	adimensional
<b>Profundidad de pala sumergida, Hs</b>	0.5	m
<b>Velocidad del canal, Vc</b>	2	m/s
<b>Coefficiente de velocidad ideal, Cv</b>	0,4*	adimensional

\*Este factor es un coeficiente de velocidad ideal, el cual según Da Rocha. J, 2014 se puede utilizar para las bombas tipo espiral.

### Profundidad de pala no sumergida

$$H_{s-no} = \left(\frac{D_r}{2}\right)\left(1 - \frac{1}{3}\right)$$

$$H_{s-no} = \left(\frac{1.5}{2}\right)\left(\frac{2}{3}\right)$$

$$H_{s-no} = 0.5 \text{ m}$$

### Velocidad de la pala

$$V_p = V_c * C_v$$

$$V_p = 2 \frac{m}{s} * 0.4$$

$$V_p = 0.8 \frac{m}{s}$$

### Velocidad angular RPM - RPS

$$N_c = \frac{V_p}{H_{s-no} * 2\pi}$$

$$N_c = 0.2546 \text{ RPS}$$

### Caudal de salida de la espiral:

$$Q_{salida} = 2\pi * \left(\frac{D_t}{2}\right)^2 * \pi * D_r * N_c$$

$$Q_s = 2\pi * \left(\frac{0.0381}{2}\right)^2 * \pi * 1.5 * 0.25$$

$$Q_s = 0.002736 \frac{m^3}{s}$$

Se hizo el despeje de las ecuaciones logrando obtener una ecuación que mide el caudal de salida, esta fórmula servirá para el diseño paramétrico de este sistema hidráulico. La ecuación es la siguiente:

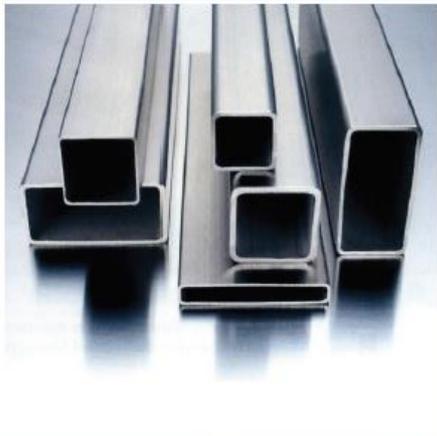
### FORMULA PARA GUI – CAUDAL

$$Q_{salida} = 1.2 * \left(\frac{D_t}{2}\right)^2 * \pi * V_c$$

## Anexo 8

### TUBOS REDONDOS, CUADRADOS Y RECTANGULARES CON COSTURA (WLD) ACERO INOXIDABLE (TUBE)

Tubos de sección circular, cuadrada y rectangular con acabados para aplicaciones estructurales, arquitectura, mueblería y decoración.



#### REDONDO

OD (Pulg)	TP 201	TP 304					
	1.5mm	0.7mm	0.9mm	1.0mm	1.2mm	1.5mm	2.0mm
3/8"				*			
1/2"		*	*		*	*	
5/8"				*	*	*	
3/4"				*	*	*	
7/8"				*	*	*	
1"	*			*	*	*	
1 1/8"						*	
1 1/4"				*	*	*	
1 1/2"	*			*	*	*	
1 3/4"						*	
2"	*			*	*	*	
2 1/2"						*	
3"						*	*
4"						*	*

#### CUADRADO

Dimensión exterior (Pulg/mm)	TP 201	TP 304				
	1.5mm	1.0mm	1.2mm	1.5mm	2.0mm	3.0mm
1/2" x 1/2"			*	*		
3/4" x 3/4"		*	*	*		
1" x 1"	*	*	*	*		
1 1/4" x 1 1/4"			*	*		
40.0 x 40.0				*	*	*
1 1/2" x 1 1/2"		*	*	*	*	
2" x 2"			*	*	*	
60.0 x 60.0					*	*
3" x 3"					*	*
80.0 x 80.0						*
4" x 4"						*

#### RECTANGULAR

Dimensión exterior (mm)	TP 304			
	1.2mm	1.5mm	2.0mm	3.0mm
10 x 20	*			
10 x 50	*	*		
15 x 30	*	*		
20 x 40		*		
25 x 50				
30 x 60		*		
40 x 60			*	*
40 x 80		*		
50 x 100		*	*	

\* Otras dimensiones a pedido

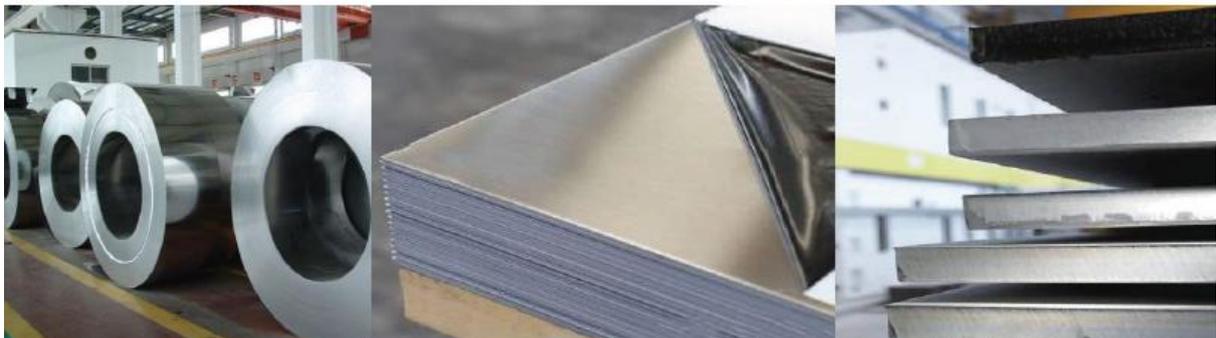
\* Disponible en acabados Hairline, Brillante y Grit

\* Longitud de pieza: 6.00 m

Acabado	Grado	Espesor (mm)	1219mm X 2438mm [4' x 8']	1500mm X 3000mm	1524mm X 3048mm [5' x 10']	1500mm X 6000mm	1524mm X 6096mm [5' x 20']	1800mm X 6000mm	
NO. 1	304/304 L	3.0 - 50.0	*	*	*	*	*		
	316/316 L	4.5 - 50.0	*	*	*	*	*		
	310 S	3.0 - 25.0	*	*	*	*	*		
	253MA	6.0 - 20.0	*	*	*	*	*		
	DUPLEX 2304S	6.0 - 32.0						*	
	41003 (CROMGARD®)	3.0 - 12.0				*	*		
2B	201	0.4 - 3.0	*						
		304/304 L	0.4 - 0.5	*					
			0.6	*	*	*			
			0.7	*					
			0.8 - 2.5	*	*	*			
	3.0 - 6.0		*	*	*	*	*		
	316/316 L	0.4 - 0.9	*						
		1.0	*	*	*				
		1.2	*						
		1.5 - 2.5	*	*	*				
3.0 - 6.0		*	*	*	*	*			
430	0.4 - 3.0	*							
BA	430	0.4 - 2.0	*						
BA-PVC	430	0.4 - 0.6	*						
		0.8	*						
N4-PVC	201	0.5 - 1.5	*						
		304/304 L	0.4 - 0.7	*					
	0.8 - 2.0		*	*	*				
	0.4 - 0.9		*						
	430	1.0 - 1.2	*	*	*				
1.5 - 2.0		*							

\* Otras dimensiones a pedido

\* Aplicaciones según grado en página 18-19



## Anexo 9

### FUERZA GRAVITACIONAL DE LA RUEDA Y ACCESORIOS

#### A9.1. Fuerza gravitacional de la rueda y eje

Para calcular la fuerza gravitacional de la rueda se debe calcular antes la masa de la tubería espiral, la masa del agua que estará dentro de la tubería espiral, la masa de los álabes y de los accesorios.

##### A9.1.1. Masa de la tubería espiral

Para calcular el peso de la tubería espiral, primero debemos calcular la longitud de la espiral para esto usaremos el método aproximado de la Longitud de una espiral de Arquímedes.

$$L_t = 2 * \pi * n_{re} * r_p$$

Donde:

$n_{re}$  = Es el numero real de espiras

$r_p$  = Es el radio promedio (m)

$$r_p = \frac{D_r + h_n}{4}$$

Para el cálculo se tomaron las siguientes dimensiones del Anexo 7

DATOS GENERALES		
Diámetro de la rueda, $D_r$	1.5	m
Diámetro de la última espira, $h_n$	1.154	m
Número real de espiras, $n_{re}$	5	

Entonces:

$$L_t = 2 * \pi * n_{re} * \left( \frac{D_r + h_n}{4} \right)$$

$$L_t = 2 * \pi * 5 * \left( \frac{1.5 + 1.154}{4} \right)$$

$$L_t = 20.84 \text{ m} \approx 21 \text{ m}$$

El material utilizado para la tubería será poliuretano como se indicó en la sección 3.3.4.1. (Selección de material de la tubería para las espiras) según el catálogo encontrado y mostrado en el Anexo 5, en donde indica que para la tubería seleccionada tenemos  $1.19 \frac{kg}{m}$ . Entonces:

$$m_t = 1.19 \frac{kg}{m} * 21 m$$

$$m_t = 25 kg$$

Según el diseño elegido en la sección 3.2. (Diseño conceptual), para el diseño se considerarán dos espiras, entonces:

$$m_t = 25 kg * 2 = 50 kg$$

#### **A9.1.2. Masa del agua que estará dentro de la tubería espiral**

Por las espiras pasarán alternadamente columnas de agua y aire tal como se explicó en la sección 1.3.1. (Principio de funcionamiento de una bomba tipo espiral). Por lo tanto, se asume que solo se llenará de agua la mitad de la tubería espiral. Pero al ser dos capas de espiras, se realizará el cálculo para una sola capa de espiras asumiendo que está totalmente llena de agua.

Para el cálculo se considerará la densidad del agua de  $1000 \frac{kg}{m^3}$  y el diámetro interno de la tubería igual de 38.1 mm.

$$m_{H_2O} = \rho_{H_2O} * Vol_{espira} * L_t$$

$$m_{H_2O} = 1000 * \left( \pi \frac{di^2}{4} \right) * L_t$$

$$m_{H_2O} = 1000 * \left( \pi \frac{(0.0381)^2}{4} \right) * 21$$

$$m_{H_2O} = 23.94 Kg = 24 Kg$$

### A9.1.3. Masa de los álabes y de los accesorios

Los álabes, los rayos de la rueda y demás accesorios serán de acero inoxidable AISI 304 como se indicó en la sección 3.3.4.2. (Selección de material de la rueda, chasis y eje) con una densidad del material de  $8000 \frac{kg}{m^3}$  como se indica en la Tabla N° 10.

#### Calculo de peso de los alabes

Los álabes serán hechos de planchas de acero inoxidable de 1.5mm de espesor. De acuerdo a la sección 3.3.3. (Dimensionamiento del equipo), los álabes serán 6 y con medidas de 0.7 m de largo por 0.5 m de alto.

$$\begin{aligned}m_{alabe} &= \rho_{acero} * Vol_{alabe} \\m_{alabe} &= 8000 * (0.7 * 0.5 * 0.0015) \\m_{alabe} &= 4.2 Kg\end{aligned}$$

La cantidad es de 6 álabes entonces la masa de esos sería la masa calculada por el número de álabes, lo que resulta  $m_{alabe} = 25.2 \text{ kg}$

#### Calculo del peso de los rayos

Los rayos de la rueda serán tubos rectangulares, para este caso se tomaron tubos rectangulares de 10 x 20 x 1.2 mm. El largo de cada rayo será de 70 cm. Como la cantidad de álabes es de 6 entonces la cantidad de rayos será la misma para que cada rayo sostenga a un álabe.

$$\begin{aligned}m_{rayos} &= \rho_{acero} * Vol_{rayos} \\m_{rayos} &= 8000 * ((L_M * L_m) - ((L_M - 2e) * (L_m - 2e))) * L_{rayo} \\m_{rayos} &= 8000 * ((0.02 * 0.01) - ((0.02 - 2 * 0.0012) * (0.01 - 2 * 0.0012))) * 0.7 \\m_{rayos} &= 0.3709 kg\end{aligned}$$

La cantidad total de rayos de la rueda es de 12, entonces el peso total de estos será de  $m_{rayos} = 4.45 \text{ kg}$

$$m_t = 50 \text{ kg}$$

$$m_{H_2O} = 24 \text{ kg}$$

$$m_{alabe} = 25.2 \text{ kg}$$

$$m_{rayos} = 4.45 \text{ kg}$$

### **Fuerza gravitacional de la rueda**

La fuerza gravitacional de la rueda es igual a la multiplicación de la gravedad por la suma de la masa de: la tubería espiral, el agua que estará dentro de la tubería espiral, la masa de los álabes y de los accesorios. Entonces tenemos:

$$F_T = m_{T-r} * g$$

$$F_T = (m_t + m_{H_2O} + m_{alabe} + m_{rayos}) * g$$

$$F_T = (50 + 24 + 25.2 + 4.45) * 9.81$$

$$F_T = 1016.81 \text{ N}$$

Le agregaremos el 30% de total por los demás accesorios de la rueda y por el eje, entonces tendremos:

$$F_T = 1322 \text{ N}$$

## Anexo 10



**aceros comerciales**

*El mundo del acero a tu alcance!*

1/2

### TUBOS DE ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO

**Descripción:**

Tubos que se obtienen por laminación en caliente de un tocho de Acero Inoxidable. También se fabrican con costura a partir de flejes.

**Usos:**

Conducción de líquidos, Industria papelera, química, petroquímica, uso general.

#### PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA		F	R	A	NORMA APROXIMADA
DEL TUBO	DEL ACERO	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	%	
ASTM A-312	304	21	52	35	JIS G 3459
	304 L	17	49	35	

#### DIMENSIONAMIENTO ESTÁNDAR Y PESOS NOMINALES

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	SCHEDULE							
		5S		10S		40S		80S	
		ESPESORES DE APRED Y PESO							
Pulg	(mm)	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
1/8	10.3	-	-	1.25	0.28	1.73	0.37	2.42	0.47
1/4	13.7	-	-	1.66	0.49	2.24	0.63	3.03	0.80
3/8	17.2	-	-	1.66	0.63	2.32	0.85	3.20	1.10
1/2	21.3	1.66	0.81	2.11	1.00	2.77	1.27	3.74	1.62
3/4	26.7	1.66	1.02	2.11	1.28	2.87	1.68	3.92	2.20
1	33.4	1.66	1.30	2.77	2.09	3.38	2.50	4.6	3.24
1 1/4	42.2	1.66	1.66	2.77	2.69	3.56	3.39	4.86	4.47
1 1/2	48.3	1.66	1.91	2.77	3.11	3.69	4.06	5.08	5.11
2	60.3	1.66	2.40	2.77	3.93	3.92	5.45	5.54	7.49
2 1/2	73.0	2.11	3.69	3.05	5.26	5.16	8.64	7.0	11.40
3	88.9	2.11	4.52	3.05	6.46	5.49	11.30	7.62	15.30
3 1/2	101.6	2.11	5.18	3.05	7.41	5.74	13.60	8.08	18.60
4	114.3	2.11	5.84	3.05	8.37	6.02	16.10	8.56	22.30

## Anexo 11

### JUNTA ROTATIVA MARCA DEUBLIN



### DEUBLIN

#### Juntas Serie 57 con Sellos de Carburo de Silicio Para Servicio en Agua

- Diseños para flujo sencillo y doble flujo
- junta rotatoria auto soportada
- conexión radial del cuerpo
- sello mecánico balanceado
- sello del rotor enchavetado
- fácil y rápido reemplazo de los componentes de sellado (sello del rotor, sello flotante)
- rodamiento de bolas lubricado de por vida
- para mala calidad de agua (E.L.S.)
- 3 orificios de venteo
- cuerpo de latón forjado
- rotor de acero inoxidable (316 - 1")
- opciones especiales:  
orificios de venteo roscados

#### Condiciones de Operación

Presión Máxima de Agua		150 PSI	10 bar
Velocidad Máxima Roscas NPT	Modelo 57-557	1,500 RPM	1,500/min
	Modelo 657	750 RPM	750/min
Velocidad Máxima Roscas Rectas			
	Modelo 57-257	3,500 RPM	3,500/min
	Modelo 357	3,000 RPM	3,000/min
	Modelo 527-557	2,500 RPM	2,500/min
	Modelo 657	750 RPM	750/min

Temperatura Máxima de Agua 200°F >200°F consulte a DEUBLIN

B Puerto NPT	Modelo				A <sup>2</sup> Rosca del Rotor	C	D <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	E	F	G	H	J
	Serie 55 Uso General	Serie 55 E.L.S.	Serie 57 Servicio en Agua	Serie 57 E.L.S.									
3/8"	55-000-001	55-147-151	57-000-001	57-050-001	3/8" NPT RH								
	55-000-002	55-147-152	57-000-002	57-050-002	3/8" NPT LH	1 3/4"	3 3/8"	4 3/8"	1"	3/8"	3/8"	3/8"	2 1/8"
	55-000-003	55-147-149	57-000-003	57-050-003	3/8"-18 UNF RH								
	55-000-004	55-147-150	57-000-004	57-050-004	3/8"-18 UNF LH	1 3/4"	3 3/8"	4 3/8"	1"	3/8"	3/8"	3/8"	2 1/8"
	55-000-094	55-147-192	57-000-094	57-050-094	G3/8" (BSP) RH								
55-000-095	55-147-193	57-000-095	57-050-095	G3/8" (BSP) LH	44.5	102	123	26	16	9.5	22.2	63	
1/2"	155-000-001	155-208-113	157-000-001	157-050-001	1/2" NPT RH								
	155-000-002	155-208-114	157-000-002	157-050-002	1/2" NPT LH	2 1/4"	4 3/8"	5 3/8"	1 1/8"	3/8"	1/2"	1 1/8"	3 1/8"
	155-000-021	155-208-185	157-000-021	157-050-021	1/2"-16 UNF RH								
	155-000-022	155-208-229	157-000-022	157-050-022	1/2"-16 UNF LH	2 1/4"	4 3/8"	5 3/8"	1 1/8"	3/8"	1/2"	1 1/8"	3 1/8"
	155-000-151	155-208-252	157-000-151	157-050-151	G1/2" (BSP) RH								
155-000-152	155-208-253	157-000-152	157-050-152	G1/2" (BSP) LH	57.2	120	148	34	19	12.7	28.6	78	
3/4"	255-000-020	255-052-255	257-000-020	257-050-020	3/4" NPT RH								
	255-000-021	255-052-256	257-000-021	257-050-021	3/4" NPT LH	2 3/4"	5 1/8"	6 3/8"	1 1/8"	3/8"	1 1/8"	1 1/8"	4 1/8"
	255-000-003	255-052-258	257-000-135†	257-050-135†	1"-14 UNS RH								
	255-000-027	255-052-257	257-000-136†	257-050-136†	1"-14 UNS LH	2 3/4"	5 1/8"	6 3/8"	1 1/8"	3/8"	1 1/8"	1 1/8"	4 1/8"
	255-000-284	255-052-445	257-000-284	257-050-284	G3/4" (BSP) RH								
255-000-285	255-052-446	257-000-285	257-050-285	G3/4" (BSP) LH	73	138	168	34	19	17.5	32	94	
1"	355-000-002	355-064-186	357-000-002	357-050-002	1" NPT RH								
	355-000-003	355-064-187	357-000-003	357-050-003	1" NPT LH	3 3/4"	6 3/8"	8 3/8"	1 1/8"	1 1/8"	1"	1 1/2"	4 1/8"
	355-000-019	355-064-328	357-000-019	357-050-019	1 1/2"-12 UNF RH								
	355-000-074	355-064-329	357-000-074	357-050-074	1 1/2"-12 UNF LH	3 3/4"	6 3/8"	8 3/8"	1 1/8"	1 1/8"	1"	1 1/2"	4 1/8"
	355-000-222	355-064-378	357-000-222	357-050-222	G1" (BSP) RH								
355-000-223	355-064-379	357-000-223	357-050-223	G1" (BSP) LH	75.4	166	204	42	21.5	22.2	38.1	108	
1 1/4"	525-000-001	525-097-043	527-000-001	527-050-001	1 1/4" NPT RH								
	525-000-002	525-097-044	527-000-002	527-050-002	1 1/4" NPT LH	3 3/4"	7 3/8"	9 3/8"	2 3/8"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/4"	5 1/8"
	525-000-026	525-097-095	527-000-026	527-050-026	1 1/4"-12 UN RH								
	525-000-027	525-097-096	527-000-027	527-050-027	1 1/4"-12 UN LH	3 3/4"	7 3/8"	9 3/8"	2 3/8"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/4"	4 1/8"
	525-000-054	525-097-122	527-000-054	527-050-054	G1 1/4" (BSP) RH								
525-000-055	525-097-123	527-000-055	527-050-055	G1 1/4" (BSP) LH	90.5	191	234	54	27	30.2	44.5	119	
1 1/2"	555-000-001	555-033-154	557-000-001	557-050-001	1 1/2" NPT RH								
	555-000-002	555-033-160	557-000-002	557-050-002	1 1/2" NPT LH	4 3/4"	8 3/8"	10 3/8"	2 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	2 1/8"	6"
	555-000-395	555-033-399	557-000-395	557-050-395	2"-12 UN RH								
	555-000-396	555-033-382	557-000-396	557-050-396	2"-12 UN LH	4 3/4"	8 3/8"	10 3/8"	2 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	2 1/8"	5 3/8"
	555-000-198	555-033-288	557-000-198	557-050-198	G1 1/2" (BSP) RH								
555-000-199	555-033-289	557-000-199	557-050-199	G1 1/2" (BSP) LH	108	225	268	71	29	35	54	147	
2"	655-500-116	655-502-116	657-000-116	657-050-116	2" NPT RH								
	655-500-117	655-502-117	657-000-117	657-050-117	2" NPT LH	4 3/4"	10 3/8"	11 3/8"	3"	1 1/2"	1 3/4"	2 1/4"	7"
	655-500-124	655-502-124	657-000-124	657-050-124	G2" (BSP) RH								
	655-500-125	655-502-125	657-000-125	657-050-125	G2" (BSP) LH	117	246	289	65	28.6	47	55	164

<sup>2</sup> Están disponibles roscas Métricas y otros tamaños de roscas. Contactar a la fábrica para mayor información. Para juntas con capacidades de 2", 2 1/2", 3", 4" y 5" consultar páginas 11-13 y 16-20.

## Anexo 12

### Tabla

Lista de planos

*Fuente: Propia*

<b>Número de plano</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>
<b>A4-BE-01</b>	Bomba completa	Octubre 2019
<b>A4-BE-02</b>	Chasis	Octubre 2019
<b>A4-BE-03</b>	Estructura sistema hidráulico	Octubre 2019
<b>A4-BE-04</b>	Porta junta giratoria	Octubre 2019
<b>A4-BE-05</b>	Rayo de la rueda	Octubre 2019
<b>A4-BE-06</b>	Abrazadera	Octubre 2019
<b>A4-BE-07</b>	Porta bronce	Octubre 2019
<b>A4-BE-08</b>	Bronce	Octubre 2019