

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UNA BOMBA BARSHA PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS
DE LAS TIERRAS UBICADAS PRÓXIMAS AL CANAL TAYMI-
DISTRITO DE PÁTAPO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

ANTHONY RAUL MEDINA GAMONAL

ASESOR

JONY VILLALOBOS CABRERA

<https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

Chiclayo, 2022

**DISEÑO DE UNA BOMBA BARSHA PARA IRRIGACIÓN DE
CULTIVOS DE LAS TIERRAS UBICADAS PRÓXIMAS AL
CANAL TAYMI-DISTRITO DE PÁTAPO**

PRESENTADA POR

ANTHONY RAUL MEDINA GAMONAL

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante

PRESIDENTE

Henry Hernan Santiesteban Chapoñan

SECRETARIO

Jony Villalobos Cabrera

VOCAL

DEDICATORIA

A mis papás y a mi familia, por el apoyo en todo momento para triunfar en la vida.

A todos los profesores, amigos y mi asesor de tesis que me apoyaron y dedicaron su tiempo para poder culminar mi proyecto de tesis.

AGRADECIMIENTO

Al Todopoderoso por brindarme los conocimientos para cumplir mis metas propuestas. A mis papás, a quienes debo la vida y por apoyarme en el transcurso de mi carrera profesional. A mis familiares por sus consejos su ayuda en cada obstáculo de mi existencia.

A los profesores por su tiempo y dedicación en el trayecto de esta carrera que es tan difícil y tan hermosa a la vez.

TESIS MEDINA

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Señor de Sipan Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	<1%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	dokumen.site Fuente de Internet	<1%
8	1library.co Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3.1. Justificación Técnica	14
1.3.2. Justificación Económica	14
1.3.3. Justificación Ambiental	15
1.3.4. Justificación Social	15
1.4. HIPÓTESIS	15
1.5. OBJETIVOS	15
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES	16
2.2. BASES TEÓRICAS-CIENTÍFICAS	18
2.3. FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ESPIRAL	20
A. Diámetro de la primera espira o externa	22
B. Altura de descarga de la última espira	23
C. Número de espiras	23
E. Velocidad de la pala	24
F. Profundidad de la pala no sumergida	24
G. Velocidad angular de la rueda hidráulica	24
H. Caudal de salida de la espiral	25
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR EXPERIMENTAL	29
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	29
3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO	30
3.2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	30
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA O MUESTRO	30
3.3.1. POBLACIÓN	30
3.3.2. MUESTRA	30

3.4.	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	30
3.4.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	30
3.4.2.	TÉCNICAS	31
A.	Observación	31
B.	Encuestas	31
C.	Información bibliográfica	31
3.4.3.	INSTRUMENTOS	31
A.	Ficha de observación	31
B.	Hoja de encuestas	32
C.	Ficha de búsqueda bibliográfica	32
3.5.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	32
3.5.1.	Variables	32
3.5.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
IV.	RESULTADOS	36
4.2.	CÁLCULO DEL CAUDAL DEL CANAL TAYMI Y NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS A IRRIGAR	36
4.2.1.	CÁLCULO DEL CAUDAL DEL CANAL TAYMI	36
4.2.2.	RESULTADO DE LA ENCUESTA DE NECESIDADES DE LOS AGRICULTORES	39
4.2.2.1.	Explicación	49
4.3.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA BOMBA BARSHA	50
4.3.1.	Dimensionamiento de la Bomba Barsha	50
A.	Recomendaciones de diseño para la Bomba Barsha	50
B.	Hoja de especificaciones de ingeniería	55
C.	Dimensionamiento del equipo	56
D.	Selección de materiales	57
4.3.2.	DISEÑO PARAMÉTRICO DE SISTEMA HIDRÁULICO DE LA BOMBA BARSHA	58
4.3.3.	DISEÑO DEL CHASIS DE LA BOMBA BARSHA	61
a.	Fuerza Gravitacional de la rueda y el eje (F_T)	62
b.	Fuerzas de la corriente fluvial (F_c)	63
c.	Reacciones	63
4.3.4.	DISEÑO DEL EJE	66
4.3.5.	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ESTÁNDAR	69
4.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	74
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	78
VI.	CONCLUSIONES	79
VII.	RECOMENDACIONES	80
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

IX. ANEXOS.....83

Lista de Tablas

TABLA N°1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE LA BOMBA BARSHA.	33
TABLA N°2: FACTORES DE CORRECCIÓN.	35
TABLA N°3: RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE LOS 22 AGRICULTORES DEL CP LA CRÍA.....	42
TABLA N°4: MATRIZ MORFOLÓGICA DEL DISEÑO.	43
TABLA N°6: PUNTUACIÓN DE LOS CRITERIOS.....	49
TABLA N°7: MATRIZ PONDERADA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVAS MÁS OPTIMA.	50
TABLA N°8: RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA BOMBAS TIPO ESPIRAL.	54
TABLA N°9: ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA.	55
TABLA N°10: PROPIEDADES DEL ACERO AISI 304.	58
TABLA N°11: DATOS PARA EL DISEÑO PARAMÉTRICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.	58
TABLA N°12: RESUMEN DEL CÁLCULO DE PRESIONES A DISTINTAS ALTURAS. ..	60
TABLA N°13: VALORES CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO.....	61
TABLA N°14: DIÁMETRO DEL EJE DE CEDULA 40.....	66
TABLA N°15: ELECCIÓN DEL SOPORTE PARA EL EJE DE LA BOMBA BARSHA.....	70
TABLA N°16: PONDERADO DE LOS CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA MATRIZ DE SELECCIÓN.....	70
TABLA N°17: PUNTUACIÓN DE CRITERIOS.....	71
TABLA N°18: ELECCIÓN DE LA CUERDA DE ANCLAJE DE LA BOMBA BARSHA. ...	71
TABLA N°19: DATOS TÉCNICOS DE LA CUERDA DE POLIPROPILENO.....	71
TABLA N°20: PRESUPUESTO DETALLADO DE LA BOMBA BARSHA.	75
TABLA N°21: MANTENIMIENTO DE LA BOMBA BARSHA.	76
TABLA N°22: EVALUACIÓN ECONÓMICA.	77

Lista de Figuras

FIGURA N°1: USO DE MOTOR PETROLERO PARA IRRIGAR LOS CULTIVOS CERCANOS AL CANAL TAYMI DEL DISTRITO DE PÁTAPO.....	13
FIGURA N°2: PARTES DE UNA BOMBA DE ESPIRAL.....	22
FIGURA N°3: ESTUDIO DE PRESIÓN DE BOMBAS DE ESPIRAL.....	26
FIGURA N°4: UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	30
FIGURA N°5: FOTOGRAFÍAS DE LOS PUNTOS Y DEL FLOTADOR EN EL CANAL. ...	36
FIGURA N°6: PRE DIMENSIONAMIENTO DEL TAYMI.	37
FIGURA N°7: ALTURAS DE DESCARGA DE AGUA DE LOS MESES ENERO-MAYO Y JUNIO-DICIEMBRE.	38
FIGURA N°8: SISTEMA DE SUMINISTRO DE LA BOMBA BARSHA.....	40
FIGURA N°9: BOMBA DE ESPIRAL SIMPLE.....	44
FIGURA N°10: BOMBA DE ESPIRAL CON UNA CAPA DE ESPIRAS.....	45
FIGURA N°12: BOMBA DE ESPIRAL POR TRANSMISION POR CADENA.....	47
FIGURA N°13: BOMBA DE ESPIRAL CON DOS CAPAS DE ESPIRAS.	48
FIGURA N°14: DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA BARSHA.	57
FIGURA N°15: DCL DEL CHASIS DE LA BOMBA BARSHA.....	62
FIGURA N°16: FUERZAS APLICADAS EN EL CHASIS DE LA BOMBA.	64
FIGURA N°17: DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO DEL CHASIS.	65
FIGURA N°18: FACTOR DE SEGURIDAD DEL CHASIS.....	65
FIGURA N°19: LÍMITE ELÁSTICO DEL EJE.	67
FIGURA N°20: DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO DEL EJE.....	68
FIGURA N°21: FACTOR DE SEGURIDAD DEL EJE.	68
FIGURA N°22: CUERDAS QUE SUJETARAN LA BOMBA BARSHA.....	72
FIGURA N°23: DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO DE LA CUERDA.	73
FIGURA N°24: FACTOR DE SEGURIDAD DE LA CUERDA.	73

RESUMEN

La presente investigación “DISEÑO DE UNA BOMBA BARSHA PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DE LAS TIERRAS UBICADAS PRÓXIMAS AL CANAL TAYMI-DISTRITO DE PÁTAPO” tiene como objetivo mostrar que es viable diseñar una Bomba Barsha movida con la energía cinética del agua y lograr elevar el fluido a pequeñas alturas para el beneficio de los agricultores. Por lo tanto, la investigación fue descriptiva experimental observacional. Se utilizó el método científico inductivo para el logro de resultados. Luego, se originaron 4 conceptos lo cual se planteó en una matriz morfológica, siendo vencedor la bomba en forma de espiral con 2 capas de espiras. Se diseñó una Bomba Barsha que impulsara agua a una altura de 6,4 metros, usando una rueda hidráulica de 1,5 m de diámetro accionada con 6 paletas, 5 espiras en cada costado de la rueda, un diámetro de tubería de 0,0381 m, el material usado para el chasis, eje, álabes y rueda hidráulica fue el acero inoxidable AISI 304 y para las espiras poliuretano negro. Luego se examinaron las fuerzas que perjudican a la bomba del diseño a través del software SolidWorks el cual nos permitió examinar las deformaciones, esfuerzos máximos y un factor de seguridad que se encuentran en la parte trasera del diseño. El precio del diseño es S/. 3 952,00 soles, relacionando el riego actual y el sistema Barsha se obtuvo un VAN de S/. 3 825,5 soles y un TIR del 70%. Del estudio económico se concluye que el diseño de la Bomba Barsha es rentable.

PALABRAS CLAVE: Canal de Riego, Bomba de bobina, Agua de Riego, Bomba de Espiral.

ABSTRACT

The present investigation "DESIGN OF A BARSHA PUMP FOR IRRIGATION OF CROPS OF THE LANDS LOCATED NEXT TO THE CANAL TAYMI-DISTRITO DE PÁTAPÓ" aims to show that it is feasible to design a Barsha Pump moved with the kinetic energy of the water and manage to raise the fluid to small heights for the benefit of farmers. Therefore, the research was descriptive experimental observational. The inductive scientific method was used to achieve results. Then, 4 concepts were originated, which were raised in a morphological matrix, with the spiral-shaped pump with 2 layers of coils being chosen as the winning conceptual design. A Barsha Pump is started that propels water to a height of 6,4 meters, using a 1,5 m diameter hydraulic wheel driven with 6 vanes, 5 turns on each side of the wheel, a pipe diameter of 0,0381 m, the material used for the chassis, shaft, blades and hydraulic wheel was AISI 304 stainless steel and black polyurethane for the coils. Then the forces that harm the design pump were examined through SolidWorks software which allowed us to examine the deformations, maximum efforts and a safety factor that are at the rear of the design. The price of the design is S/. 3 952,00 soles, relating the current irrigation and the Barsha system, an NPV of S/. 3 825,5 soles and an IRR of 70% were obtained. From the economic study it is concluded that the design of the Barsha Pump is profitable.

KEYWORDS: Irrigation Channel, Coil Pump, Irrigation Water, Spiral Pump.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Al cabo de 10 años es probable que la mitad de la población mundial permanezca en lugares donde el agua no alcance para todos. Según estudios casi 02 millones de personas fallecen cada año por falta de agua potable. Esta escasez también se verá reflejado en los productores agropecuarios que utilizan este líquido para el riego de sus cultivos y animales. (MUNDO, 2018)

La utilización del agua en el mundo mayormente lo emplean en la irrigación de cultivos, hoy en día se tiene una pérdida de un 70% en transportar el agua, la agricultura no está en condición de competir con otra fuente económica debido a la escasez de este recurso hídrico. (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012)

El Perú tiene una enorme abundancia hidrográfica, que se utiliza y explota ciegamente, lo que provoca un aumento excesivo de los gastos de funcionamiento de la agricultura debido al uso de dispositivos eléctricos o que funcionan con combustibles fósiles para mover el agua de los ríos y canales. (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012)

El 80% de la obtención de agua en el Perú se usa para irrigación; sin embargo, el 65% de agua se desaprovecha por el mal uso de sistema de irrigación. El terreno agrícola bajo riego se ubica especialmente en zonas costeras donde figura el 57%, un 38 % en la Región Sierra y el 5% en la Región Selva. Más de 1.590,5 mil hectáreas se riegan por gravedad, lo que supone el 88% del total; el 7% se riegan por goteo y el 4,8% por aspersión.. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

El Taymi es un canal de agua de distribución que beneficia al 37% de la zona de regadío. Tiene una distancia de 48,90 km y una conducción variable de 65 m³/s. Tiene una superficie

trapezoidal cubierta con una construcción de piedra y hormigón. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Los agricultores riegan sus cultivos con dicho canal. Los cultivos se cultivan mejor a mayor distancia y altura. Los agricultores utilizan bombas de petróleo para transportar el agua para regar sus campos (Figura N°1), lo que da lugar a elevados gastos de funcionamiento para sus cultivos y a una reducción de los márgenes de beneficio. No existe ningún método de riego alternativo que resuelva este problema en esta localidad. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)



Figura N°1: Uso de motor petrolero para irrigar los cultivos cercanos al Canal Taymi del Distrito de Pátapo

El diseño de la Bomba Barsha permitirá a los agricultores de la Comarca de Pátapo obtener el agua necesaria con un bajo coste de mantenimiento, pues dependerá únicamente de lo que se empleó como material y también influye la energía del agua o energía cinética provocada

por ella; a la vez que supone una justificación socioeconómica, ya que no estarán expuestos a daños económicos como consecuencia de esta tesis.

El presente estudio tuvo como fin diseñar una Bomba Barsha como alternativa de aprovechamiento del recurso hídrico para irrigación de cultivos de las tierras ubicadas próximas al canal Taymi-Distrito de Pátapo, teniendo como objetivos específicos: determinar las necesidades hídricas, definir la matriz morfológica del diseño a realizar, calcular y seleccionar los componentes de la Bomba Barsha y realizar la evaluación económica del diseño a realizar.

En base a la problemática, esta tesis plantea el diseño de una Bomba Barsha como alternativa de aprovechamiento del recurso hídrico para irrigación de cultivos próximos al canal Taymi-Distrito de Pátapo, teniendo como propósito reducir la inversión y aumentar la productividad de los cultivos, además de utilizar un procedimiento formal de ingeniería.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo aprovechar el recurso hídrico que beneficie a los agricultores ubicados próximos al canal Taymi – Distrito de Pátapo?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación Técnica

Se empleará conceptos relacionados a la hidráulica, fluidos y los materiales que se va a emplear son materiales locales.

1.3.2. Justificación Económica

La Bomba Barsha economiza en el gasto total de irrigación ya que no emplea combustible ni energía eléctrica, el precio de mantenimiento es de bajo costo al no tener muchas piezas móviles, obteniendo un resultado sustentable y beneficioso para el riego de la población pudiendo tener un bombeo mayor de agua.

1.3.3. Justificación Ambiental

Solo se emplea la energía cinética del agua en la bomba Barsha, por lo que no emplea energía eléctrica ni combustible. También ayuda a disminuir las emisiones de CO₂ por medio del reemplazo de las bombas a combustión empleados para irrigar los cultivos, ya que no produce gases nocivos y brinda beneficios medioambientales.

1.3.4. Justificación Social

La Bomba Barsha sirve como apoyo para los campesinos, ya que proporciona un suministro de agua las 24 horas del día, para que sus cosechas produzcan y los pobladores tengan una adecuada calidad de vida.

1.4. HIPÓTESIS

El diseño de una Bomba Barsha permitirá el aprovechamiento del recurso hídrico para irrigación de cultivos de las tierras ubicadas próximas al canal Taymi-Pátapo.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una Bomba Barsha para irrigación de cultivos de las tierras ubicadas próximas al Canal Taymi-Pátapo.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el caudal del canal Taymi y las necesidades hídricas de los cultivos a irrigar.
- Definir la matriz morfológica del diseño a realizar.
- Calcular y seleccionar los componentes de la Bomba Barsha.
- Realizar la evaluación económica del diseño de la Bomba Barsha.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

(Teran Echeverría, 2012). En su estudio titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS DE ESPIRAL 2012”.

Esta investigación tiene como fin primordial el Diseñar un banco de pruebas y describir la bomba en forma de espiral. Se hizo pruebas cambiando el número de espiras y diámetros de tuberías, también se realizó pruebas con un tanque con agua para observar la variación de magnitud de la altura de descarga H que tiene el banco de pruebas, este proyecto tiene la facilidad de poder cambiar y graduar las magnitudes y parámetros de diseño. Se desarrolló un análisis económico con los precios de cada material dando como resultado un costo de 1109.86 soles.

Se concluye que:

- ✓ Es inversamente proporcional la relación que existe entre las espiras y el caudal. Ya que, al incrementar las espiras se incrementa la presión y disminuye la velocidad del agua.
- ✓ Una rueda en espiral es una buena adquisición relacionándola con otras bombas que utilizan para sacar el agua en un periodo de tiempo las bombas en forma de espiral llegaran a costar más que las otras bombas, la bomba en espiral tiene una gran ventaja al tener un bajo costo de mantenimiento y que usa energía renovable y no contamina.

(Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012) En su investigación: “CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES”.

Este proyecto tuvo como objetivo principal fue Diseñar y construir una Bomba de Espiral para evaluar el impulso del agua de riego del Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes.

Por ello propuso un estudio aplicado experimental-observacional, se realizó dos diseños de bomba tipo espiral y se empleó un método científico inductivo para los resultados, en el primer diseño utilizó una rueda de 0,5 m de diámetro con 9 paletas de tubo de PVC, con 6 espiras y con una velocidad de canal de 1,413 m/s obteniendo una altura de bombeo de 2,46 m. En el segundo diseño se elaboró una rueda de 1,96 m con 8 espiras y 8 paletas de 0,20 m*0,30 m obteniendo una altura de descarga de 10,36 m.

Además, concluye que:

- ✓ La bomba de espiral planteada empujará el agua a 10,36 metros con 8 espiras, también a 25 metros de manguera con un diámetro de 1,4 m y 8 paletas de 0,2 metros x 0,3 metros
- ✓ Es factible la fabricación debido a su bajo costo y puesta en marcha la bomba espiral, diseñada a solo S/. 733,25 nuevos soles y su funcionamiento será para la crianza de animales menores, jardines y huertos.

(Cáceres, 2015). En su investigación: “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”.

Presento como objetivo implementar una rueda mecánica cuyo diámetro fue de un metro diseñada con acero inoxidable, empleando 50 que ayudara al bombeo del agua desde una determinada vertiente.

La rueda fue construida de acero inoxidable, con un diámetro de rueda de 1 m, con 50 alabes. Se determinó el caudal de 1,2 l/s. Para luego proponer el rodete con un diseño de diámetro 1.9 metros. Para impulsar el agua se empleó 7 espiras con una manguera de 13 metros de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro. Se evidencio que se podía captar 2000 m³ de agua. Además, se logró un 1,5 l/min de caudal generados por la rueda hacia un reservorio. Se demoró 12,22 horas en llenar 550 litros del reservorio. El precio del diseño es de \$2593,40 dólares. Cuando se pone una tubería de 4 pulgadas seguida de una de 2 pulgadas y una de 1 pulgada, dará como resultado que la velocidad del caudal y los RPM de la rueda aumentan.

Se concluye que:

- ✓ El caudal de 1.5 lt/min es el que llega al reservorio generado por la rueda.
- ✓ La rueda hidráulica fue fabricada de un acero que no se oxida con el fin de disminuir la corrosión.

(Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019). En su investigación: “DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DEL CP LA CRIA – LAMBAYEQUE”.

El objetivo principal que tuvo este proyecto fue el de Diseñar una bomba espiral con el fin de regar los cultivos para reducir costos en la producción agrícola.

Esta investigación es de tipo descriptiva, cuasi-experimental. Se basaron para su diseño en 6 conceptos, el cual eligieron fue la bomba espiral con 2 espiras, con una rueda de 1,5 m de diámetro, una velocidad de canal de 2 m/s, con una manguera de 5 espiras y con 6 alabes de 0,7 m de largo y 0,5 m de alto, como resultados obtuvieron un caudal de salida de $0,00274 \text{ m}^3/\text{s}$, un VAN de 2987 soles, un TIR de 68% y el precio del proyecto fue de 4000 soles.

Se concluye que:

- ✓ Se logró definir que la más óptima, beneficiosa y más productiva para el uso que va a tener es la bomba espiral con 2 espiras.
- ✓ Su uso el acero inoxidable AISI 304 por su durabilidad a la corrosión y soldabilidad, las propiedades de este material se usaron en la realización de las simulaciones por elementos finitos.

2.2. BASES TEÓRICAS-CIENTÍFICAS

2.2.1. BOMBA DE CARACOL DE ARQUÍMEDES

Hoffman investigó en el año 2002 la historia de la bomba de rueda para indicar las aportaciones a lo largo del tiempo. Arquímedes (287 a.C.-212 a.C.) reveló una noción muy temprana de una bomba simple, llamada "bomba de caracol de Arquímedes" (Hoffman, 2002).

2.2.2. BOMBA HIDROSTÁTICA

Dibwe en el año 1978 Realizó una investigación de tipo experimental sobre la bomba hidrostática. Construyó la bomba montando la bobina en un eje de tubo de acero apoyado en dos cojinetes de madera. La bomba se acciona gracias a una manija con tuberías de diámetro de 28 milímetros y de 21 milímetros, entre 1 bobina a 6 bobinas con diámetro de 1,05 metros, además de los grados de la inmersión que poseen se establecieron de un 25% a un 45% (Dibwe, 1978).

Se concluye que:

- La altura máxima se incrementa únicamente cuando las bobinas aumentan en cantidad y la velocidad cuando entra disminuye.
- La columna cuando sale presenta una mejor proporción, y en cuando a su máxima elevación solo se vio cuando se reducía la inmersión de la bobina.
- La altura máxima que se obtuvo fue de 6 metros aproximadamente.

2.2.3. BOMBA DE A. BELCHER

En 1973, este autor compartió con personas de su confianza un documento inédito que escribió, en el que esbozaba el funcionamiento de la bomba hidrostática conocida entonces con ese nombre. Belcher también investigó conceptos e hipótesis que sugerían la presencia de un par creado por la elevación del agua bombeada. Belcher se encargó de desarrollar ecuaciones matemáticas que predijeran con exactitud la bobina y su altura; en base a un manómetro se puede medir la presión el cual Belcher uso para demostrar su ecuación y determinar la relación de la altura y la bobina, con su presión el cual descarga (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012).

2.2.4. BOMBA DE BOBINA O DE ESPIRAL

El libro de Reese "Las ciencias y las artes" en 1819 relataba cómo un diseño comparable de esta bomba fue inventado en 1748 por Wirtz. En el concepto, la instalación de las tuberías estaba unidas a una tubería rígida que servía de pase y descarga, de tal forma que, al girar la bomba, subía el nivel de agua. Este diseño presenta un comportamiento superior al de Arquímedes. (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012)

Una bomba en espiral, según Tailer, es un diseño ideal para llevar el agua de un canal, río o manantial a la zona que se desea regar. Este diseño consiste esencialmente en una manguera enrollada que gira y permite la entrada de agua y aire por la boca. El agua comprime el aire en cada bucle, y la presión creada a la salida hace que el agua suba gracias a la presión que genera el agua y la fuerza que generaba cuando las burbujas empujaban hacia la toma. La bomba en espiral gira en respuesta al empuje generado por

sus aspas; funciona utilizando la energía cinética de un río o canal; además no es necesario energía ni algún tipo de gas combustible para su correcto y adecuado funcionamiento.

Es importante mencionar que, si el mecanismo está correctamente colocado, funciona de forma autónoma, sin necesidad de propulsión ni funcionamiento. Además, esta arquitectura es sencilla de desarrollar y mantener (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012).

2.3. FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ESPIRAL

Se monta en todo el caudal del agua y se empuja hasta una profundidad suficiente para enterrar el tubo en espiral. La energía del río genera movimiento en la hélice, a través del tubo en espiral (tambor en la bomba de honda o la propia rueda hidráulica en la noria). Con cada vuelta de la espiral, el extremo abierto desciende dentro y fuera del agua (Pellicer, 2014).

Según Da Rocha, el movimiento de la rueda se basa en la premisa de que cada vuelta llena la mitad del volumen de la primera espiral con agua y la otra mitad con aire. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

2.3.1. PARTES DE UNA BOMBA DE ESPIRAL

(Teran Echeverría, 2012). Piezas de dicha bomba:

La **manguera enrollada** es el medio a través del cual entran el agua y el aire; se enrolla para formar una rueda de espirales; la espiral exterior está unida a un colector, a través del cual entran el agua y el aire y se mueven por todo el conducto hasta llegar a la última espiral conectada al eje hueco.

Las **espiras** son las vueltas de la manguera enrollada en forma de rueda con diámetros distintos, yendo de mayor a menor diámetro.

La **manguera de descarga** se encarga de trasladar el agua del eje de la rueda hacia el lugar que se desea llevar en este caso el cultivo, está a diferencia de la manguera enrollada es fija y no se mueve, la longitud de ésta depende del tamaño de la bomba, de las características de la superficie y del destino final.

La **articulación Hidráulica** está ubicada al medio de las mangueras, y se encarga de unir la manguera enrollada con la manguera de descarga para permitir el paso del agua.

La **boca de Entrada** es un orificio por donde se sitúa el agua, así como también el aire conforme se mueva la rueda rota y se hunde en el agua. La boca de entrada se encuentra unido al extremo de la manguera enrollada que se encarga de captar el ingreso del agua hacia la manguera. El diámetro del colector tiene que ser superior que el diámetro de la manguera enrollada, el largo depende de las condiciones en el que se encuentre el río y la bomba.

El desempeño de **las Paletas** es aprovechar el movimiento del agua y esta para que gire la rueda. Estas paletas están colocadas en cada extremo de la rueda, las cuales se hunde en el agua a medida que rota la rueda. El material puede ser de madera o plástico, etc.

Los Radios sirven como único soporte y anclaje de la manguera enrollada, asegurando que permanezca enrollada en todo momento, produciendo una rueda giratoria. Además, estos radios pueden utilizarse para fijar las palas y la junta hidráulica, entre otras cosas.

El **Nivel de agua** es la altura en la que se encuentra el agua del río o canal. A través de esta se hundirán las paletas y una parte de la rueda.

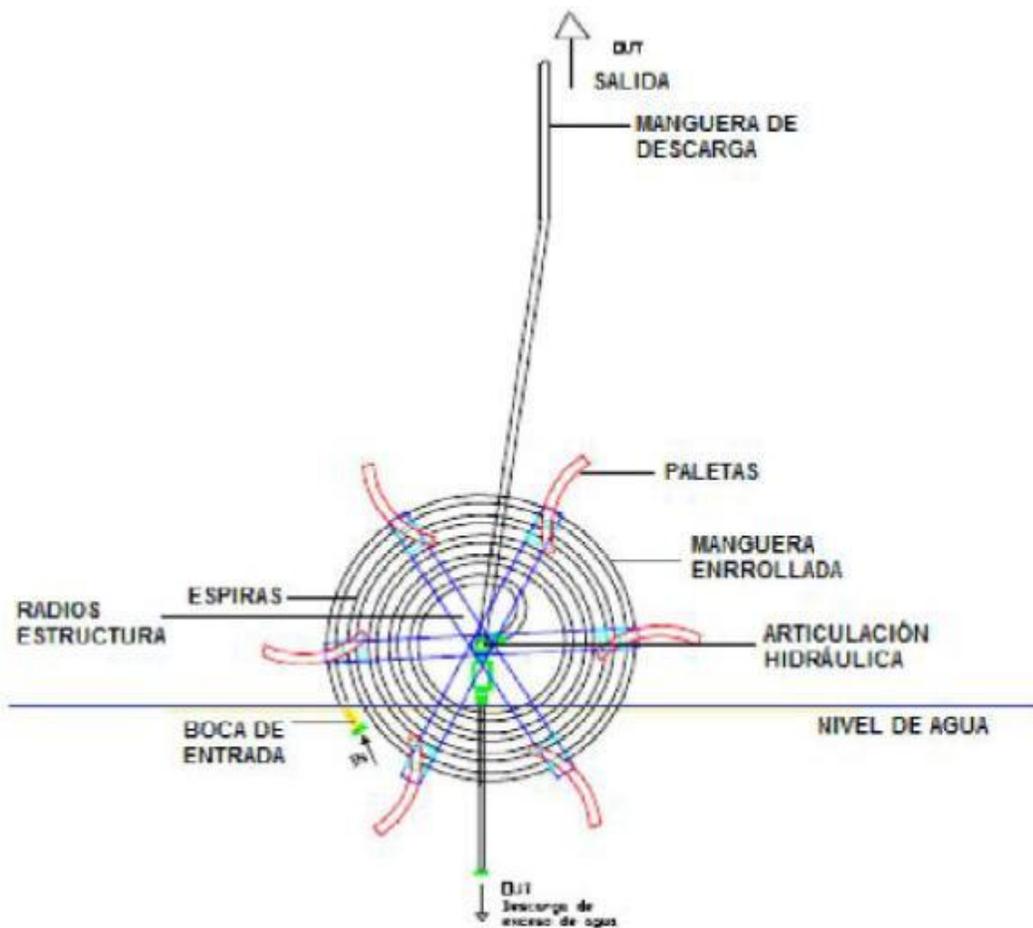


Figura N°2: Partes de una bomba de espiral

Fuente: (Terán, 2012)

2.3.2. DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL

Para diseñar la bomba tipo espiral estándar las ecuaciones son las siguientes: (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

A. Diámetro de la primera espira o externa

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

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

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

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

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

Donde:

n_e : Número de espiras.

D. Número de espiras reales

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

Donde:

n_{re} : Número real de espiras

E. Velocidad de la pala

$$V_p = V_c * C_v \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

V_p : *Velocidad de la pala* ($\frac{m}{s}$)

V_c : *Velocidad del canal* ($\frac{m}{s}$)

C_v : *Coficiente de velocidad.*

F. Profundidad de la pala no sumergida

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

Donde:

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

D_r : *Diámetro de la rueda* (m)

H_s : *Altura de la sumersión* (m)

G. Velocidad angular de la rueda hidráulica

$$N_c = \frac{V_p}{H_{s-no} * 2\pi} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

N_c : *Velocidad angular* (RPS)

H. Caudal de salida de la espiral

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

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)

2.3.3. CANALES ABIERTOS

Un canal abierto es un elemento por donde corre agua por la superficie libremente, un área libre está sometida a la presión atmosférica. (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

2.3.4. PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Para las aguas que se encuentran sin movimiento, existe una presión que ejerce fuerza en el recipiente el cual está un determinado objetivo, esta fuerza o presión va a depender de la profundidad. La fórmula de la presión hidrostática se muestra a continuación:

$$P = \rho gh + P_0$$

Donde:

P : presión hidrostática (Pa)

ρ : densidad del líquido (kg/m^3)

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

h : altura del fluido (m).

P_0 : presión atmosférica.

2.3.5. PAQUETES DE AIRE EN LA BOMBA DE RUEDA

Estos valores se refieren a la distancia recorrida por encima del nivel inundado hasta el punto de admisión de la manguera inscrita. A lo largo de este recorrido y vuelta en vuelta, la tubería recibe aire, lo que significa que el caudal soportado por la bomba no es continuo. Estas bolsas de aire se contraen y expanden en respuesta a las variaciones del tubo de descarga y el tanque.

Cada vuelta de la rueda genera un caudal distinto, aunque también va a depender del diámetro y hundimiento de la rueda (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012).

2.3.6. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE RUEDA

Este sistema de bomba funciona de tal forma que cada rueda está unida mediante un número de vueltas, así como se observa en la Figura N°1.

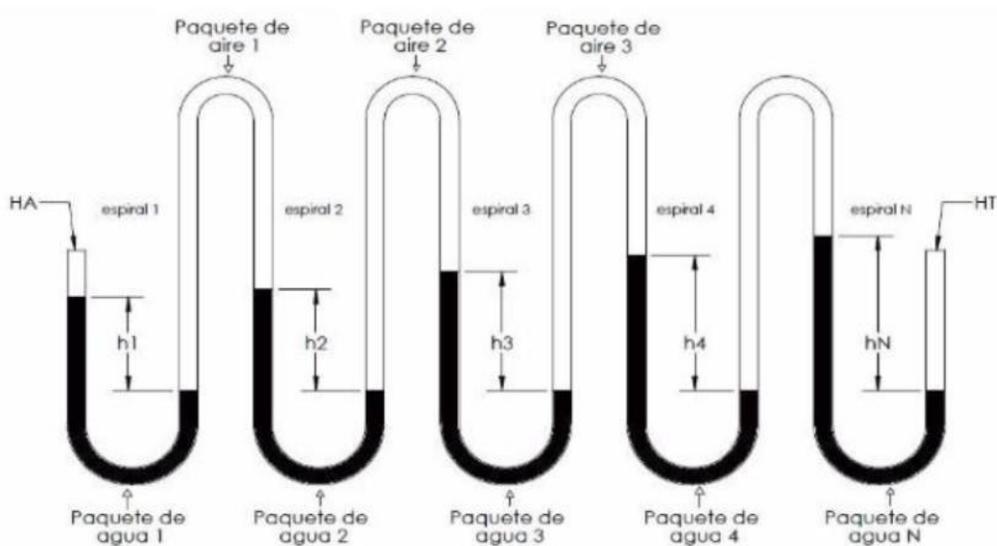


Figura N°3: Estudio de presión de Bombas de espiral.

Fuente: (Annable & Mortiner, 1984)

Las discrepancias de los manómetros se equilibran con el total de los deltas de los manómetros en todos los paquetes de agua, es decir

$$H_T + H_A = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_N$$

Donde:

H_T : Es la presión absoluta de la cabeza a la salida.

H_A : Es la presión atmosférica.

N : Es el número de espiras.

Si el aire es incompresible entonces $h_1 = h_2 = h_3 = \dots h_N$

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Bomba de espiral: Se trata de un mecanismo de bombeo de accionamiento hidráulico que permite aprovechar económicamente el agua de un curso de agua en zonas en las que la extracción de agua para las tierras de cultivo podría resultar difícil. (Teran Echeverría, 2012)

Bomba de rueda: Como genera presión para la elevación del fluido a partir de la variación de presión entre cada vuelta, dado que, es una máquina que sólo necesita energía cinética.

Bomba: Mecanismo de un sistema hidráulico para convertir la energía mecánica en energía fluida.

Bombas de accionamiento hidráulico: Es un aparato generador mecánica en energía de líquido incompresible. (Teran Echeverría, 2012)

Bombas manuales: Son aquellas que utilizan tanto la energía humana como la mecánica para mover el agua o el aire. Son considerablemente empleadas en aplicaciones industriales, marinas, riego, etc. (Crochin, 1987)

Bombas neumáticas: Tienen desplazamiento positivo y la fuente de energía es la energía neumática que proviene del aire (Cáceres, 2015).

Canales de riego: Transportan el fluido desde la captación hasta el lugar de cultivo.

Centrífugos: Se refiere al nivel de presión que se crea centrífugamente.

Colector: Conducto que se encarga de recolectar el agua del río o canal.

Distancia de bombeo: Es el trayecto por el cual el agua será bombeada a través de la bomba hacia el reservorio.

Electrobombas: Son las que funcionan solamente por energía eléctrica.

Energía cinética: Es el tipo de energía que genere el movimiento de un cuerpo.

Energía hidráulica: Se genera a través de la fuerza del agua.

Energía renovable: Se genera de fuentes que no se agotan, como la energía que provoca el aire, el agua, el sol, entre otros.

Rueda pelton: Componente que transforma el movimiento en fuerza para luego ser energía.

Salto hidráulico: Es el trayecto de donde se capta el fluido hasta donde se instalará la rueda. Cuanto el salto hidráulico sea superior, mayor sería la energía (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

SolidWorks: Es un software que facilita diseñar cotas, cálculos y dibujos detallados. (SOLIDWORKS, s.f.)

Método del flotador: Se usa este tipo de método cuando no cuentas con las herramientas necesarias de medición, para el cálculo de la velocidad del agua se usa un flotador ya sea de madera, corcho, etc. (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

Matriz morfológica: Es un método que por medio de una serie de cuadros con opciones de diseños se comparan las ventajas y desventajas de cada opción planteada y se elige la más óptima para el diseño. (htt2)

Evaluación económica: Nos permite evaluar si el proyecto es rentable o no, o también se le conoce al análisis de pre factibilidad y de factibilidad propia de un proyecto de inversión. (UNAM, s.f.)

VAN: Es el Valor Actual Neto, evalúa la viabilidad de un proyecto, calcula los futuros ingresos y egresos si estos al restarlos nos arroja ganancia o pérdida, en base a eso se evalúa la factibilidad del proyecto. (UNAM, s.f.)

TIR: Llamada Tasa Interna de Rendimiento o de Retorno, es un coeficiente que se aplica en temas de finanzas, el cual va a medir el retorno de capital que tendrá un proyecto, para evaluar que tan factible es la inversión en un proyecto. (UNAM, s.f.)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR EXPERIMENTAL

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El canal Taymi, que recibe las aguas del río Chancay en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque, fue utilizado para realizar las pruebas de este esfuerzo de estudio.

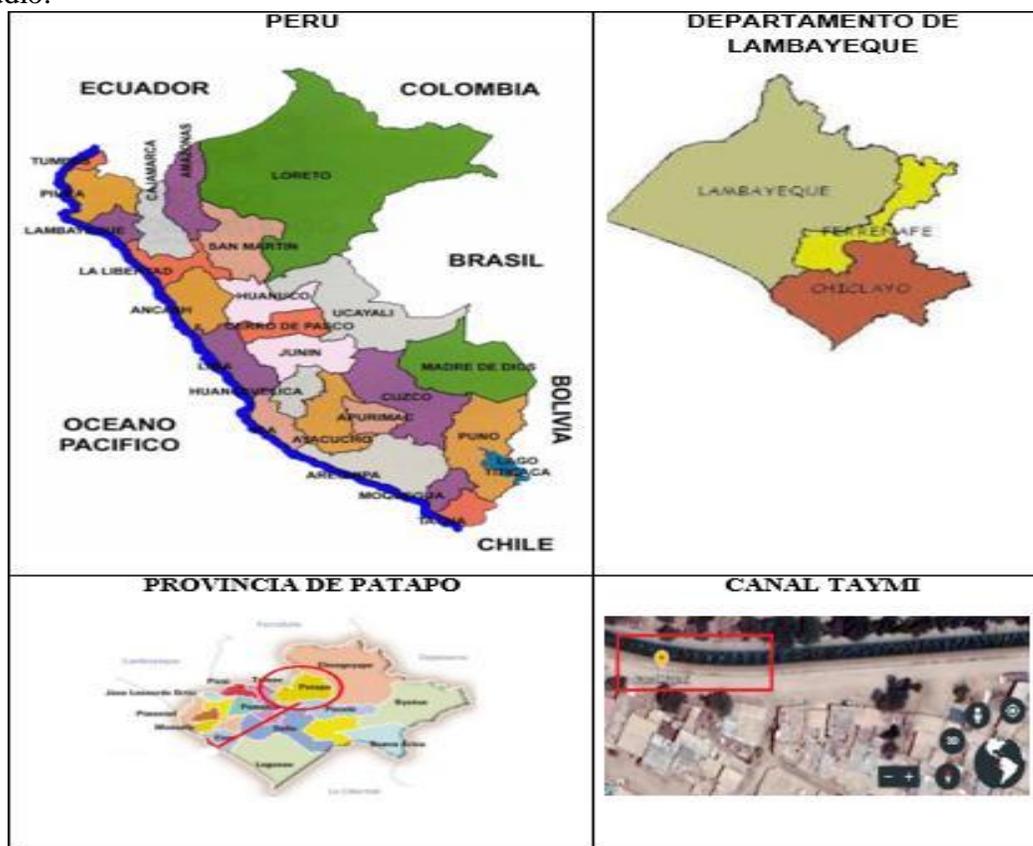


Figura N°4: Ubicación geográfica.

3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO

3.2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Es de tipo Aplicada Tecnológica, ya que se centra en la adquisición de nueva información y técnicas que mejoren o aumenten significativamente la eficiencia de la Bomba Barsha.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA O MUESTRO

3.3.1. POBLACIÓN

Consta de 22 bombas que se utilizan para explotar los recursos hídricos del canal Taymi; sin embargo, en aras de esta investigación, consideraremos la cantidad de bombas empleadas en el sistema de bombeo del Distrito de Pátapo.

3.3.2. MUESTRA

La muestra se encuentra conformada por los 22 agricultores que se muestra en la Tabla N°5.

3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

3.4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Su método será el científico, ya que se construirá con todo un proceso, un paso a paso. Será un enfoque inductivo dentro del método científico, ya que se utilizó el raciocinio y conocimientos para diseñar la bomba espiral y poder descubrir resultados. (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

3.4.2. TÉCNICAS

A. Observación

Se eligió este enfoque porque, al evaluar el diseño de la Bomba Barsha, se vería el cambio en la variable dependiente (impulso de agua de riego y se compararía con el diseño sugerido).

B. Encuestas

Se utilizó esta técnica a base de interrogantes de los campesinos del CP La Cría con el fin de conseguir información acerca de que medio usan para la obtención del agua y cuanto es el costo de combustible de las bombas convencionales que usan para irrigar sus cultivos. (Ver Anexo N°1)

C. Información bibliográfica

Esta estrategia se utilizará para reunir la información pertinente y ayudar a la realización del proyecto. Las numerosas fuentes bibliográficas de las que se recopilará material incluirán Internet, libros, legislación, tesis y publicaciones, entre otras, con el fin de realizar una evaluación aceptable del diseño y desarrollo de la Bomba Barsha para el Distrito de Pátapo.

3.4.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados para la presente investigación son:

A. Ficha de observación

Es una herramienta de investigación de campo en el cual se elabora una descripción específica de sitios o personas. Para desarrollar esta observación el investigador necesita realizar visitas de campo al lugar del estudio. (htt3)

B. Hoja de encuestas

La encuesta es un método que se lleva a cabo con el objetivo de interrogar a una cantidad de personas para que nos brinden información (opiniones, actitudes y comportamiento de las personas). (htt4)

C. Ficha de búsqueda bibliográfica

En esta etapa se va a descubrir si la investigación es importante o no, en base al planteamiento del problema, y la metodología de investigación. (htt5)

3.5. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

3.5.1. Variables

A. Variable Independiente: Diseño de una Bomba Barsha

- Diámetro de la rueda.
- Diámetro de la tubería para las espiras.
- Número real de espiras.

B. Variable Dependiente: Irrigación de cultivos de las tierras próximas al canal Taymi

- Caudal de salida.
- Desnivel máximo.

3.5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	DIMENSIONES	ESCALA
VARIABLES INDEPENDIENTES	DISEÑO DE UNA BOMBA BARSHA	Consiste en una rueda hidráulica que aprovecha la energía cinética y potencial generada por la corriente de un río o canal, esta pueda bombear agua a través de unas mangueras.	Diametro de las tuberías para las espiras	$D_t = L$	m
			Diametro de la rueda	$D_r = L$	m
			Velocidad del canal	$V_c = \frac{L}{T}$	m/s
			Número de espiras		m
VARIABLES DEPENDIENTES	IRRIGACION DE LOS CULTIVOS DE LAS TIERRAS PROXIMAS AL CANAL TAYMI	Es la cantidad de agua que circulara a la salida de la Bomba Barsha por unidad de tiempo.	Caudal de salida	$Q_s = \frac{L^3}{T}$	m^3/s
			Desnivel máximo	$h_{max} = L$	m

Tabla N°1: Operacionalización de variables de la Bomba Barsha.

3.6. Plan de procesamiento y recopilación de datos

3.6.1. Recopilación de información de campo

Se realizaron visitas de campo al Distrito de Pátapo donde se encuentra el canal Taymi con el objetivo de recabar la información que se necesita para el diseño de la Bomba Barsha, se realizó un aforamiento del canal para el cálculo de la velocidad del agua con ayuda del método del flotador y estimar el caudal que este canal contiene. (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

Cálculo estimado del caudal según el método del flotador

Para el campesino que tiene acceso al agua para irrigar es importante saber la proporción de fluido (caudal) que este recibirá en su terreno para poder definir el caudal que entregan algunas estructuras como los sifones. Por lo tanto, se ha estimado adecuado dar a notar algunos métodos.

Método del flotador.

Este sistema se usa cuando se carece de equipos para realizar la medición y consiste de un pedazo de madera, corcho o una pequeña botella. Este método se emplea para medir la velocidad del fluido.

A continuación, podemos observar la fórmula del caudal:

$$Q = C \times A \times v$$

$$v = \frac{e}{t}$$

Donde:

Q: Caudal

C: Factor de corrección

A: Área

V: Velocidad (m/s)

e: Espacio recorrido por el flotador (m)

T: tiempo de recorrido del espacio “e” por el flotador

Donde C está en relación a la velocidad y al río, y la profundidad que debe tener (Castro Seminario & Martínez Oviedo, 2012)

TIPO DE CAUCE	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC)
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm	0,85
Canal en tierra profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0,5
Caudales de tierra profundidad del agua < 15 cm	0,25-0,5

Tabla N°2: Factores de corrección.

Fuente: Ministerio de Agricultura y riego.

Procedimiento:

Se promediaron los tiempos y se usó ciertos elementos:

- Se utilizó una pelota de goma como objeto flotante.
- Un celular y cronómetro.
- Una wincha de 500 metros.
- Un cuaderno de apuntes.

Se eligió en el canal un tramo uniforme en donde el agua se encuentra fluyendo libremente, sin piedras ni residuos orgánicos, se ubicó dos puntos de inicio (A) y de llegada (B) con una longitud de 20 metros en el cual se halló el tiempo en el que tardará el flotador en llegar de A hasta B con la ayuda de un cronómetro y una calculadora, el tiempo que tardo fue de 15,28 segundos.



Figura N°5: Fotografías de los puntos y del flotador en el canal.

IV. RESULTADOS

4.2. Cálculo del caudal del canal Taymi y necesidades hídricas de los cultivos a irrigar

4.2.1. Cálculo del caudal del canal Taymi

Se identificó la sección transversal del canal en la porción designada (Ver Figura N°7), y se midió la profundidad y la anchura del canal para determinar la velocidad del fluido, el área y la cantidad de flujo.

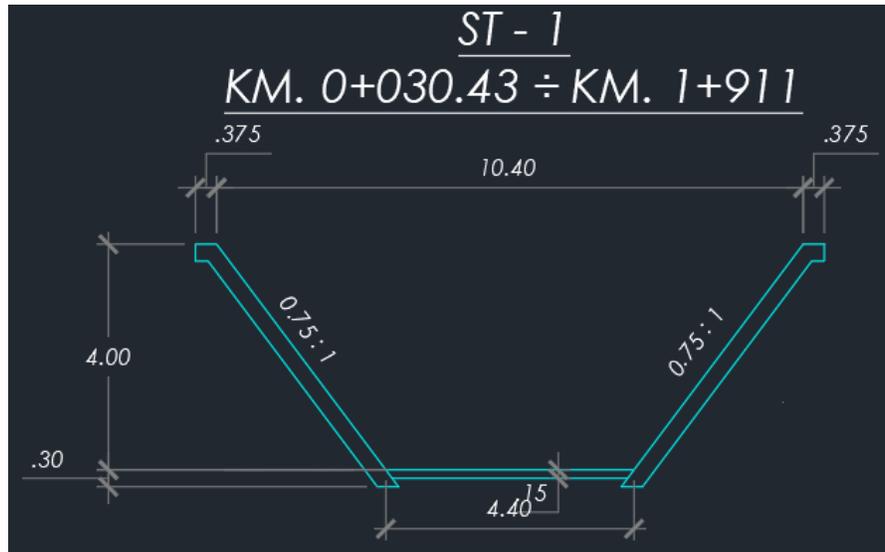


Figura N°6: Pre dimensionamiento del Taymi.

Haciendo uso del método del flotador se determinó la velocidad del agua como se muestra en la siguiente formula:

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

$$Velocidad = \frac{20 m}{15,28 s}$$

$$Velocidad = 1,3089 m/s$$

A continuación, se procedió a calcular los caudales promedios de los meses Enero-Mayo y Junio-Diciembre tomando como referencia las alturas de descarga del Proyecto Olmos Tinajones como se visualiza en la Figura N°8.

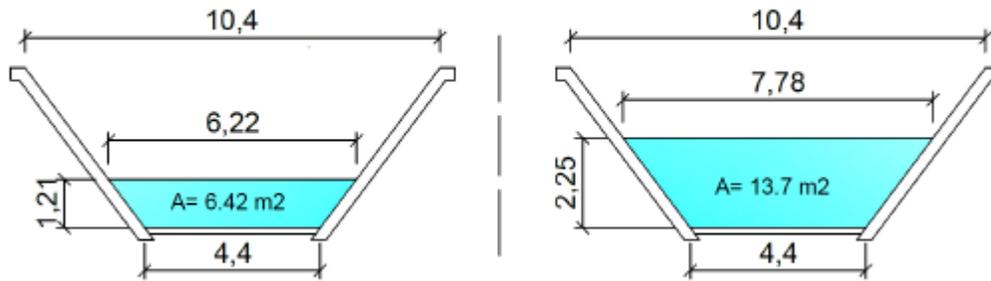


Figura N°7: Alturas de descarga de agua de los meses Enero-Mayo y Junio-Diciembre.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

Para el mes de Enero-Mayo:

$$Area = \frac{(B + b) * h}{2}$$

$$Area = \frac{(6,22m + 4,4m) * 1,21m}{2}$$

$$Area = 6,42 m^2$$

$$Caudal = C \times Velocidad \times Area$$

$$Q = 0,85 \times 1,3089 \frac{m}{s} \times 6,42 m^2$$

$$Q = 7,14 m^3/s$$

Para el mes de Junio-Diciembre:

$$Area = \frac{(B + b) * h}{2}$$

$$Area = \frac{(7,78m + 4,4m) * 2,25m}{2}$$

$$Area = 13,70 m^2$$

$$Caudal = C \times Velocidad \times Area$$

$$Q = 0,85 \times 1,3089 \frac{m}{s} \times 13,70 m^2$$

$$Q = 15,24 m^3/s$$

4.2.2. Resultado de la Encuesta de Necesidades de los agricultores

Se aplicó el cuestionario a 22 agricultores del CP La Cría. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

A continuación, detallare algunos datos de las respuestas de dicha encuesta:

Medio para obtener agua

Los agricultores investigados usan motobombas para la obtención del agua, ya sea de su propiedad o alquiladas.

Frecuencia de riego al mes

- A. 4 veces al mes, 19 agricultores irrigan sus cultivos.
- B. 2 veces al mes, 3 agricultores irrigan sus cultivos.

Características de la bomba utilizada

Los agricultores usan motobombas que generan caudales de 30 a 50 metros cúbicos por hora, y emplean para regar sus cultivos entre 6 a 8 horas, utilizan un sistema de riego por inundación.

Caudal mínimo y máximo necesario

Trabajando las 8 horas diarias la bomba adquirió un caudal todos los días de 240 a 400 metros cúbicos por día.

Altura de bombeo

Se estima un desnivel de 5 m desde la Bomba Barsha al tanque de almacenamiento. (Figura N°9).

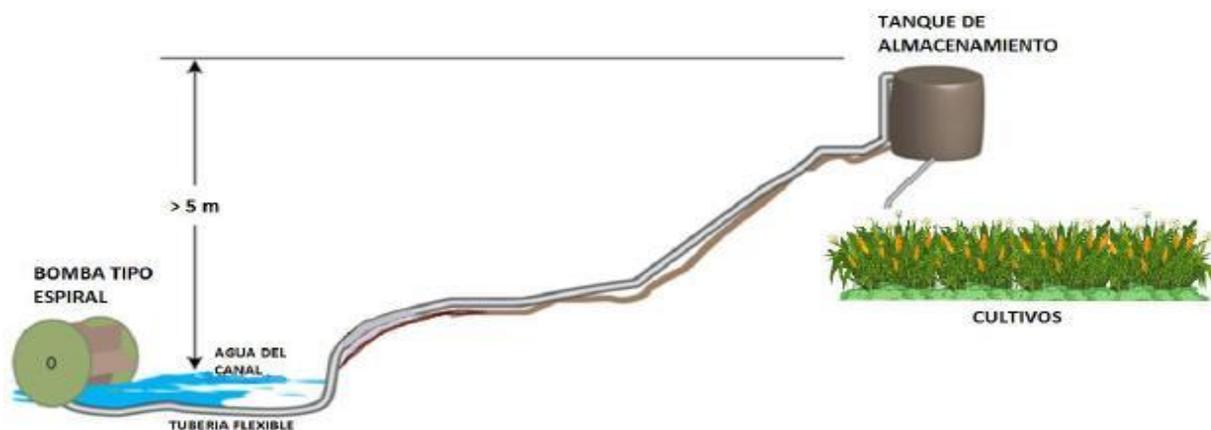


Figura N°8: Sistema de suministro de la Bomba Barsha.

Fuente: Adaptado de Thompson et.al., 2011

DATOS DE LA ENCUESTA

Encuestado	Hectáreas	Galones por Día	Frecuencia de riego al mes	Galones por mes	Costo por galón 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/. 1980,00
4	2	4	4	16	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 188,00	S/. 2256,00
5	2	4	4	16	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 188,00	S/. 2256,00
6	2	4	4	16	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 188,00	S/. 2256,00
7	2	4	4	16	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 188,00	S/. 2256,00
8	2	4	4	16	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 188,00	S/. 2256,00
9	2 1/2	5	4	20	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 234,00	S/. 2808,00
10	3	7	4	28	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 326,00	S/. 3912,00
11	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
12	3 1/2	7	4	28	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 326,00	S/. 3912,00
13	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
14	3 1/2	6	4	24	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 280,00	S/. 3360,00
15	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
16	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
17	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00

18	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
19	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
20	3 1/2	6	4	24	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 280,00	S/. 3360,00
21	3 1/2	8	4	32	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 372,00	S/. 4464,00
22	4	10	2	20	S/. 11,50	S/. 4,00	S/. 234,00	S/. 2808,00

Tabla N°3: Resultados de la encuesta de los 22 agricultores del CP La Cría.

Fuente: Gutierrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

4.2. MATRIZ MORFOLÓGICA DEL DISEÑO A REALIZAR

Se realizó un cuadro de matriz morfológica con 04 soluciones como se verá en la siguiente tabla:

FUNCIONES- SOLUCIONES	1	2	3	4
TIPO ESTRUCTURAL	BOMBA DE ESPIRAL SIMPLE	BOMBA CON UNA CAPA DE ESPIRAS	BOMBA CON TRASMISION POR CADENA	BOMBA CON DOS CAPAS DE ESPIRAS
TIPO DE MATERIAL DE LA RUEDA	Acero inoxidable austenitico AISI 304	Acero inoxidable AISI 316		

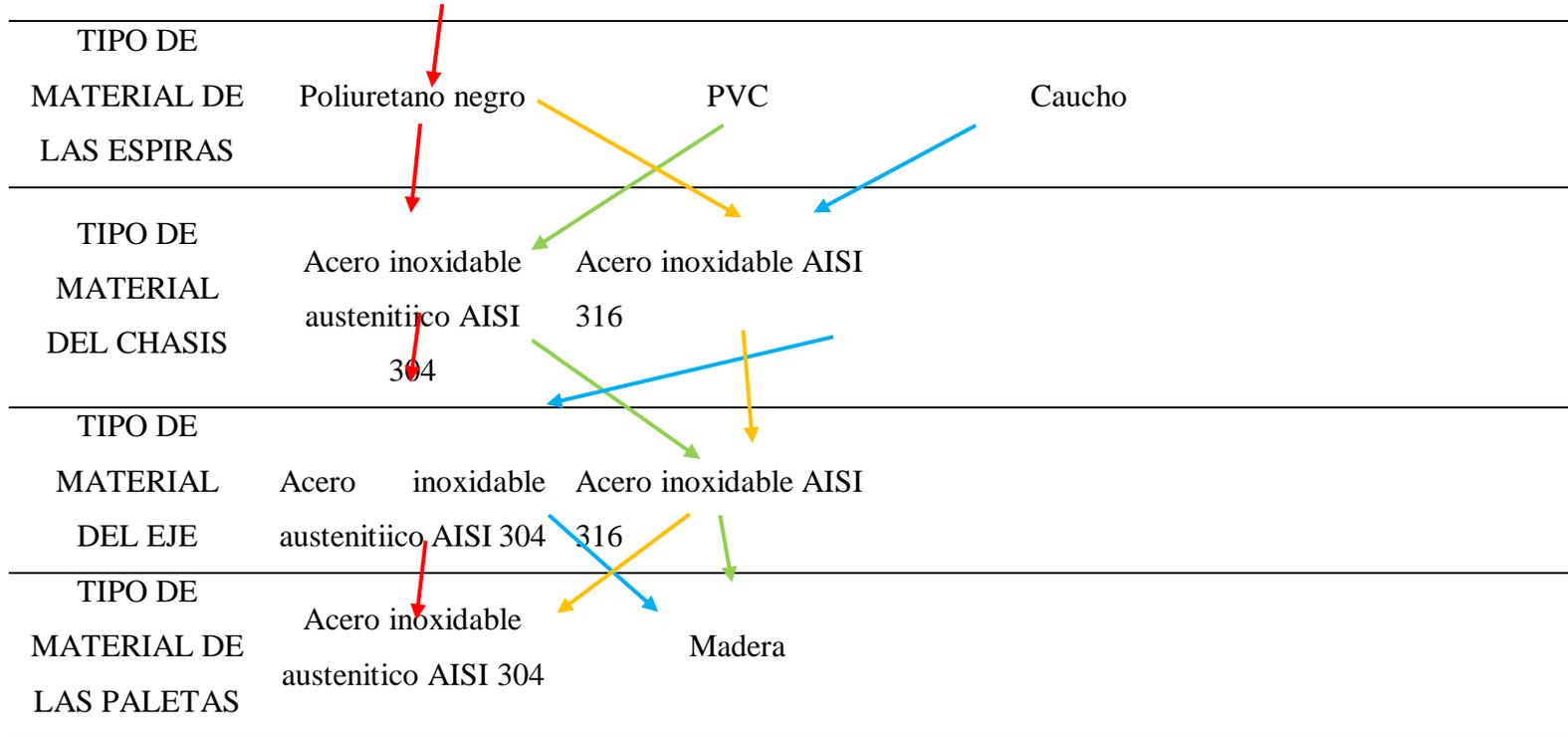


Tabla N°4: Matriz morfológica del diseño.

1	
2	
3	
4	

4.2.1. Descripción de cada solución

Solución 1: Bomba de espiral simple

El sistema será acoplado a una estructura (Gutiérrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Ventajas

- ✓ Sencilla construcción.
- ✓ Es bastante económica.

Desventajas

- ✓ No bombea agua a grandes alturas.
- ✓ No tiene mucho equilibrio dentro del río.

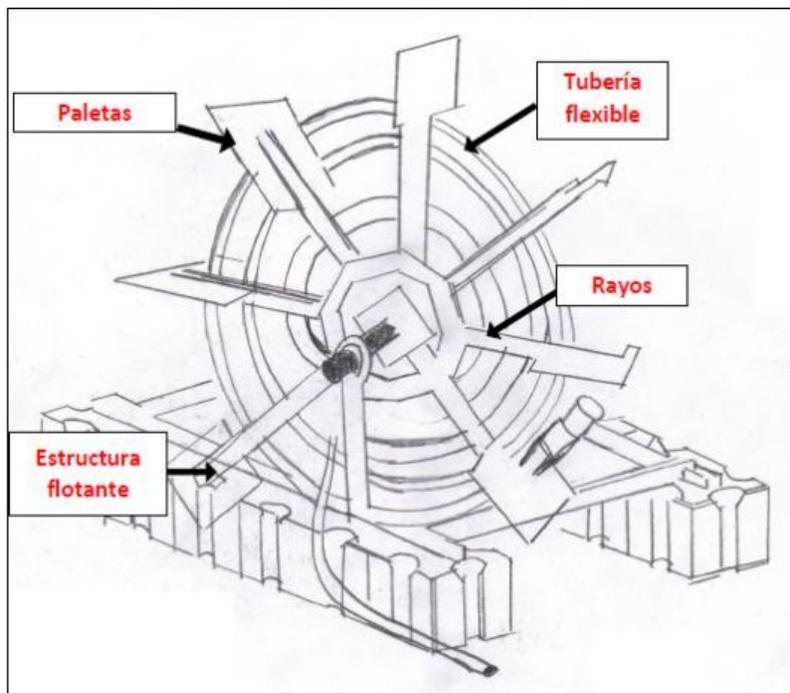


Figura N°9: Bomba de espiral simple.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

Solución 2: Bomba de espiral con espiras

El diseño consiste en una adaptación de Da Rocha (Da Rocha. J, 2014). La bomba será única por medio de la rueda, y su estructura será flotante.

Dicha bomba tiene una capa de espiras ensambladas a la rueda hidráulica. Aquel diseño tiene una estructura flotante donde se acopla el sistema. El diseño se muestra en la Figura N°15. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Ventajas

- ✓ Sencillo mantenimiento.
- ✓ Tiene un equilibrio en el agua.

Desventajas

- ✓ Tiende a desequilibrarse.
- ✓ Puede haber deterioro de las piezas de la bomba.

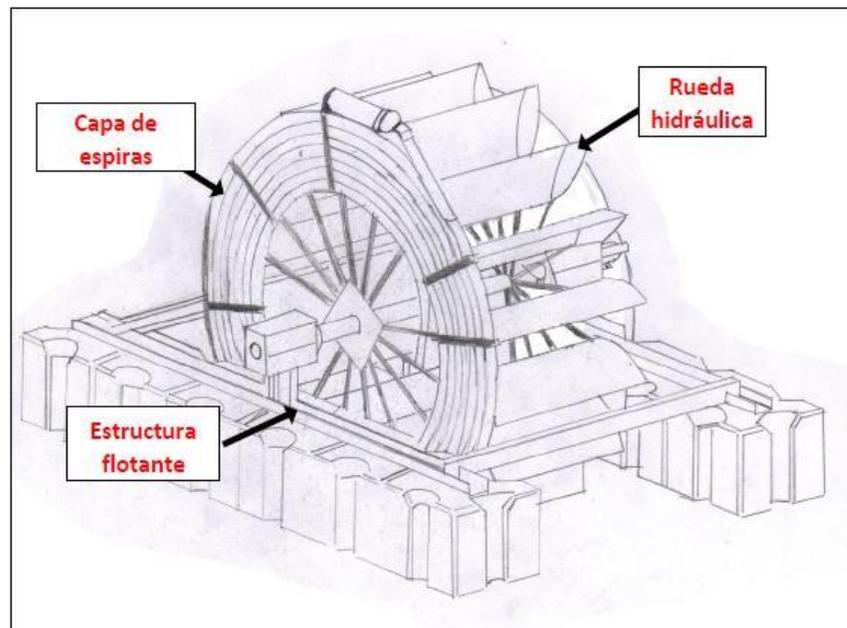


Figura N°10: Bomba de espiral con una capa de espiras.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

Solución 3: Bomba de espiral con transmisión por cadena

Este diseño surge de la idea de Thompson et. al. (Thompson et. al., 2011). Este diseño tiene un sistema flotante que conecta todo el diseño. El bosquejo se muestra en la Figura N°16. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Ventajas

- ✓ Bombea agua a alturas más altas.
- ✓ Para el traslado de agua no se necesita sistema de drenaje
- ✓ El cuidado y mantenimiento de la bomba se efectúa de manera individual.

Desventajas

- ✓ Costo elevado.
- ✓ Cuando varia la velocidad del rio esto afecta a la rueda en relación a su velocidad y la descarga de agua de la bomba es por ello que necesita una caja de engranajes.
- ✓ El sistema de transmisión genera pérdidas de energía

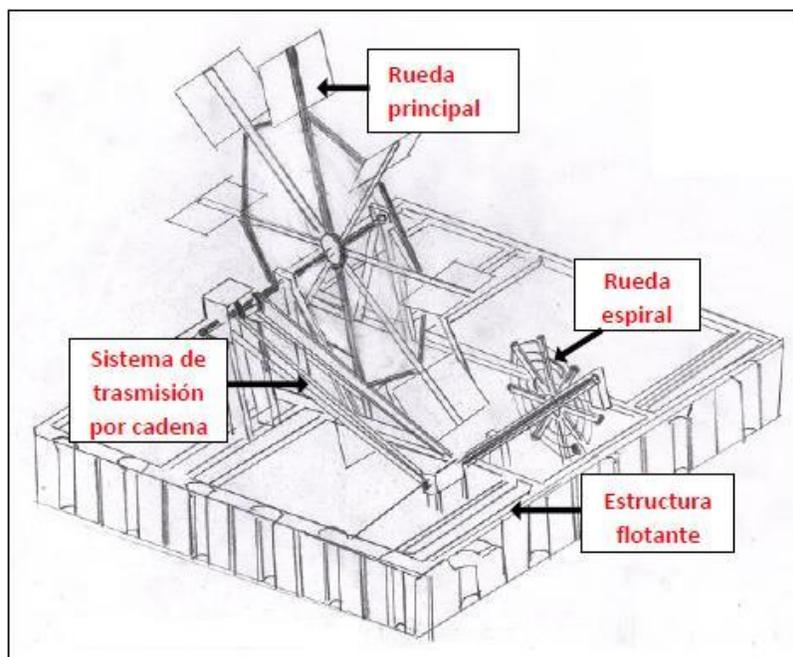


Figura N°12: *Bomba de espiral por transmisión por cadena.*

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

Solución 4: Bomba de espiral con dos capas de espiras

El diseño es adaptación de Da Rocha (Da Rocha. J, 2014). El diseño tiene 2 espiras ensambladas al costado de la rueda que esta al girar bombea el agua, tienen un sistema flotante donde se acopla todo el diseño de la bomba. El diseño se evidencia en la Figura N°17. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Ventajas

- ✓ Sencillo mantenimiento.
- ✓ El diseño tiene buen equilibrio en el agua.
- ✓ La estructura tiene una buena consistencia.

Desventajas

- ✓ Precio elevado

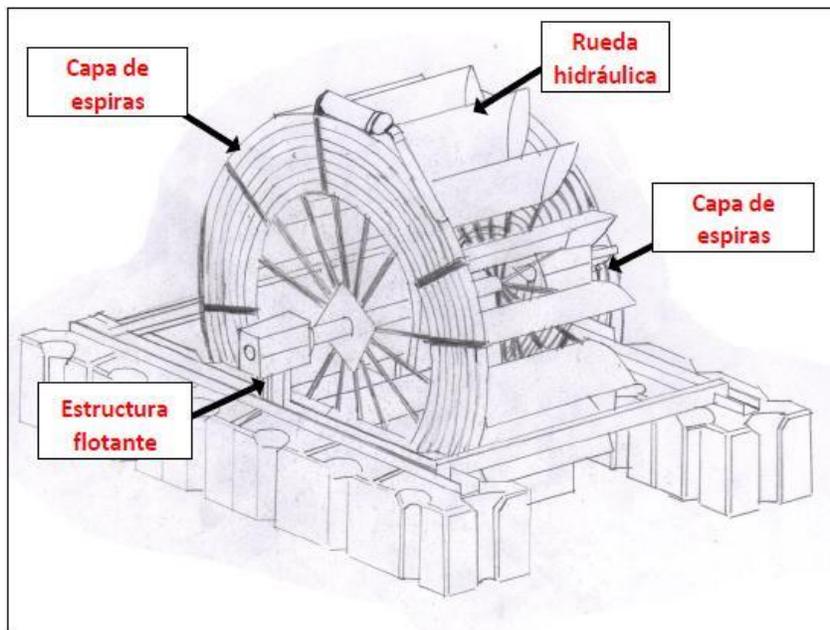


Figura N°13: Bomba de espiral con dos capas de espiras.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

4.2.2. Determinación de criterios ponderados

Se determinó a través una matriz de criterios ponderados la elección de la bomba de espiral más óptima para el riego de los cultivos cercanos al canal Taymi dicha selección se evidencia en la Tabla N°5 y Tabla N°6. Adquiriendo como criterios a determinar lo siguiente:

Costo: Nos permitirá saber el precio que se producirá al diseñar la Bomba Barhsa.

Estabilidad del sistema: Nos permitirá determinar el equilibrio que hay en los distintos sistemas para elegir el tipo de estructura flotante.

Mantenimiento: Nos ´permitiría saber cuál diseño es el más fácil de realizar un mantenimiento.

Seguridad: Nos permitirá valorar la certeza la cual se realizará los diseños.

Tamaño: Se determina la dimensión de la Bomba Barsha para que esta pueda encajar en cualquier lugar donde la quieran ubicar.

4.2.2.1. Explicación

Se le asignó un porcentaje a cada criterio planteado (Ver Tabla N°6). Poco satisfecho (1); Satisfecho (2); Muy satisfecho (3) como se muestra en la Tabla N°7. Los resultados serán promediados.

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO (%)
Costo	20
Estabilidad del sistema	30
Mantenimiento	30
Seguridad	10
Tamaño	10
Total	100

Tabla N°1: Ponderado de los criterios considerados para la matriz de selección

INDICADORES	
PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN
1	Poco satisfecho
2	Satisfecho
3	Muy satisfecho

Tabla N°6: Puntuación de los criterios.

DISEÑO DE UNA BOMBA DE ESPIRAL		BOMBA DE ESPIRAL SIMPLE		BOMBA CON UNA CAPA DE ESPIRAS		BOMBA CON TRASMISION POR CADENA		BOMBA CON DOS CAPAS DE ESPIRAS	
Criterio	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado	Puntuación	Puntuación de ponderado
Costo	20	3	0,6	2	0,4	1	0,2	1	0,2
Estabilidad	30	1	0,3	3	0,9	1	0,3	3	0,9
Mantenimiento	30	2	0,6	3	0,9	3	0,9	3	0,9
Seguridad	10	2	0,2	1	0,1	2	0,2	3	0,3
Tamaño	10	2	0,2	2	0,2	2	0,2	3	0,3
Total	100	10	1,9	11	2,5	9	1,8	13	2,6

Tabla N°7: Matriz ponderada de selección de la alternativas más optima.

De acuerdo a la Tabla N°8 la Bomba con dos capas de espiras es la más óptima para el diseño de la Bomba Barsha.

4.3. Cálculo y selección de los componentes de la Bomba Barsha

4.3.1. Dimensionamiento de la Bomba Barsha

A. Recomendaciones de diseño para la Bomba Barsha

Tras una búsqueda global de códigos, normas y estándares de diseño, se concluyó que no existía ninguno. En consecuencia, extrajimos los consejos de diseño de las publicaciones de investigación incluidas en la Tabla 9.

ASPECTO/CRITERIOS	RECOMENDACIÓN	FUENTE
MATERIAL	Se sugiere utilizar un eje y chumaceras de acero inoxidable.	Terán, 2012
	Se recomienda utilizar las mangueras de poliuretano negras en lugar de las transparentes debido a su menor coste, durabilidad y resistencia al calor.	
	Se recomienda utilizar acero inoxidable AISI 304 en la construcción de la rueda hidráulica. Es aconsejable elegir un material que sea flexible y fácilmente disponible para futuras reparaciones.	Cáceres, 2015
	Los rodamientos rígidos de bolas se recomiendan por su escaso mantenimiento en servicio. Son bastante rentables.	
	Rodamientos sellados con goma	Patil et. al., 2014
	Al fabricar la junta rotativa se debe tener mucho cuidado para evitar fugas.	
	Al fabricar el eje este tiene que ser de acero laminado para evitar deformaciones.	Thompson et. al., 2011
	Para que la bomba de bobina sea realmente sostenible con el tiempo, se debe fabricar con cuidado la junta giratoria.	
	Podemos utilizar materiales livianos en caso el flujo del agua sea muy bajo para que la rueda pueda aumentar los rpm.	Praveen & Harshal, 2016

GEOMETRÍA	El orificio de entrada de la bomba suele ser de mayor diámetro y puede utilizarse para modificar la cantidad de agua que se toma con cada rotación.	Thompson et. al., 2011
	Se sugiere usar una llave de paso al final la tubería con el propósito de regular el caudal en épocas de invierno y verano.	Cáceres, 2015
	Las dimensiones más grandes para tubería de bobina es más apto al fenómeno de soplado y por lo tanto son menos eficaces en cabezales medianos y altos.	Morgan, 1984

	La manguera de poliuretano puede estar instalado en ambos lados de la rueda con el fin de extraer la doble cantidad de agua.	Praveen & Harshal, 2016
	Se diseña el eje hueco para que el agua ingrese hacia la tubería de descarga.	
	Las dimensiones de la pala deben ser igual a la mitad del diámetro de la rueda. La velocidad de la rueda será mayor si la pala es mucho más grande.	
	El tubo en espiral debe ser casi tres veces más largo que la altura a la que se bombea.	
	La rueda debe hundirse en el agua máximo a 1/3 de su diámetro total para que esta absorba la mayor cantidad de agua, el alto de la pala no debe sobrepasar la tercera parte de su diámetro de la rueda.	
	La bomba se parece a una rueda de admisión inferior, para utilizar la corriente de agua por lo menos deben haber dos palas sumergidas.	(Ramón y Vallejo, 2005)
TÉCNICA	Revisión diaria de la bomba y el sistema de anclaje en caso de basura en el río o canal.	Thompson et. al., 2011
	El caudal será cero siempre y cuando toda la bomba este hundida o este fuera del agua.	Patil et. al., 2014
	El diseño del eje hueco se hace bajo 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.	Praveen & Harshal, 2016
Como la rueda de agua y la espiral necesitan sumergirse en el agua, la bobina tiene que tener el mismo diámetro que las palas.	
Cuando aumenta la relación de sumersión aumenta la velocidad de flujo pero si la bomba está sumergida del todo esta disminuye a cero.	Kassab, S. Z., Naby, A. A., & El Sayed, I. (2005).
La relación de sumersión con la altura máxima estática de la bomba tiene un efecto menor, es aproximadamente constante, pero disminuye a cero cuando esta alcanza el 100%.	
Cuando la velocidad de la rueda cambia se logra cambios en la altura estática de la bomba.	
<u>El aumento del número de bobinas aumenta la altura de la bomba mientras que la descarga de la bomba es casi constante.</u>	

Tabla N°8: Recomendaciones de diseño para Bombas tipo espiral.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

B. Hoja de especificaciones de ingeniería

Después de la elaboración del cuestionario se propusieron límites para el diseño de la bomba. El resultado se puede apreciar en la Tabla N° 9.

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

Tabla N°9: Especificaciones de ingeniería.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

Diámetro de la rueda

Se consideró 1,5 m ya que no puede ser muy grande, si es muy grande, no va a permitir su trabajabilidad.

Altura de sumersión de la rueda

Según las sugerencias de la Tabla N°8 la altura máxima de sumersión que debe tener la rueda es de 1/3 de diámetro.

Diámetro de la tubería

Se propuso diámetros convencionales de PVC como se puede apreciar en el Anexo N°5.

Álabes de rueda hidráulica

Tendrán una estructura plana según bibliografía investigada.

C. Dimensionamiento del equipo

Se comenzará a detallar las medidas generales del equipo, por medio de las recomendaciones de diseño y especificaciones de ingeniería.

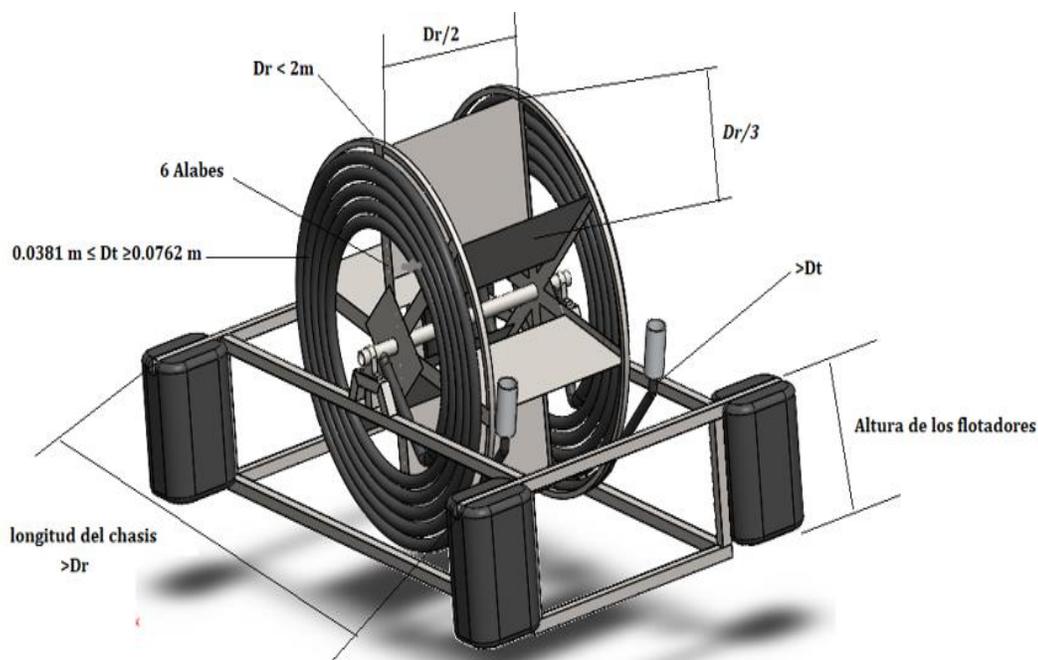


Figura N°14: *Dimensionamiento* de la Bomba Barsha.

D. Selección de materiales

Se procedió a la selección de diversos materiales:

Selección de material de tubería para las espiras

Se empleó mangueras de PVC debido a su costo, y porque es resistente al calor (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Selección de material de la rueda, chasis y eje

La bomba tendrá contacto con el agua y esta tendrá humedad, por lo que el material desde ser bueno y no expuesto a la corrosión, es por eso que se elige el acero que no se oxida o inoxidable para mayor funcionamiento y durabilidad.

Se eligió finalmente el acero inoxidable austenítico AISI 304 por ser el más usado en estos contextos. En la Tabla N°10 se muestran las propiedades del acero AISI 304.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Modulo elástico	190000	N/mm^2
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Modulo cortante	75000	N/mm^2
Densidad de masa	8000	Kg/m^3
Limite de tracción	517,017	N/mm^2
Limite elástico	206,807	N/mm^2
Coefficiente de expansión térmica	$1,8e^{-005}$	K
Conductividad térmica	16	$W/(m.K)$
Calor específico	500	$J/(Kg.K)$

Tabla N°10: Propiedades del acero AISI 304.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

4.3.2. Diseño Paramétrico de Sistema Hidráulico de la Bomba Barsha

En la Tabla N°11 se puede observar la parametrización de algunas variables, y también algunas ecuaciones que se han usado para los cálculos que ayudaron a la parametrización.

	NOMBRE (SÍMBOLO)	UNIDADES	VALOR RANGO
PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	Desnivel (h)	m	5
	Profundidad de Sumersion (Hs)	m	0,5 m
	Velocidad del canal (Vc)	m/s	2 m/s
VARIABLES INDEPENDIENTES	Diametro de la rueda (Dr)	m	$0 \leq D_r \leq 5 m$
	Número de espiras (nre)	Adim	$3 \leq N_s \leq 12$
	Diametro de tuberia de las espiras (Dt)	mm	$0,03 \leq D_t \leq 0,08 m$
	Presión atmosférica (Patm)	m.c.a	4 presiones
VARIABLES DEPENDIENTES	Desnivel Máximo (hmax)	m	A determinar
	Caudal de salida (Qs)	m^3/s	A determinar

Tabla N°11: Datos para el Diseño paramétrico del Sistema Hidráulico.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019)

A continuación, se detalla las fórmulas que nos facilitaron la parametrización:

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

Donde:

h_{max} : *Altura máxima de bombeo*

P_{atm} : *Presión atmosférica*

D_r : *Diámetro de la rueda*

n_{re} : *Número real de espiras*

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

Donde:

Q_{salida} : *Caudal de salida*

D_t : *Diámetro de la tubería*

V_c : *Velocidad del canal*

Los rangos fijados para establecer los parámetros se identificaron así:

Diámetro de tubería de las espiras (D_t)

Como se señaló en la sección D. (Selección de materiales) el material que se utilizara en la tubería es de poliuretano, para este tipo de tubería se usara diámetros comerciales que se manifiestan en el Anexo 5, se estableció un rango para la tubería de $0,0381 \leq D_t \leq 0,0762$ m.

Diámetro de la rueda (D_r)

De acuerdo a los antecedentes según Morgan considero un rango de diámetro mínimo y máximo de $0 \leq D_r \leq 4$ m. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Presión atmosférica (P_{atm})

Se tomó 3 presiones atmosféricas de los distintos lugares del Perú sobre todo la altitud del lugar de estudio, las cuales cambian dependiendo la altitud. Al no tener los valores de las presiones atmosférica, se comenzó a evaluar estas presiones a partir de la altitud que se cogió del Atlas Eólico del Perú. Los cálculos se manifiestan en el Anexo N° 6. En la Tabla N°12 se presenta un cuadro de los datos adquiridos.

Altura (m.s.n.m)	Presión (mBar)	Presión (m.c.a)
118	999,34	10,192
400	966,49	9,858
800	924,78	9,433

Tabla N°12: Resumen del cálculo de presiones a distintas alturas.

Número de espiras (nre)

Los autores de las bibliografías investigadas consideran para el número de espiras un rango de 3 y 12 espiras.

	NOMBRE (SIMBOLO)	VALOR
PARÁMETROS DE DEFINICION DEL PROBLEMA	Desnivel (h)	5
	Velocidad del canal (Vc)	1,48 m/s
VARIABLE DE DISEÑO	Diámetro de tubería de la espira (Dr)	0,0381 m
	Diámetro de la rueda (Dr)	1,5 m
	Presión atmosférica (Patm)	10.,192
	Número de espiras (nre)	5

Tabla N°13: Valores condierados para el cálculo.

4.3.3. Diseño del Chasis de la Bomba Barsha

Para el diseño del chasis se consideró de la sección b. (Selección de material de la rueda, chasis y eje) el acero AISI 304. Para la simulación en el software SolidWorks se elaborará el chasis con tubos cuadrados de 2"x 2"x 2 mm estos de acero inoxidable y se comprobara si esta estructura es la más apta.

Las cargas mecánicas que se le aplicaran al chasis se dividen en: cargas gravitacionales, reacciones y fuerzas del fluido. Estas cargas se muestran en la Figura N°16. Para el cálculo de las cargas gravitacionales se necesitó la masa del equipo, se dimensiono de acuerdo a la sección G. (Dimensionamiento del equipo) y guiándose de la Tabla N°9 (Hoja de especificaciones), considerando los datos de la tabla N°11 que cumple con las necesidades propuestas.

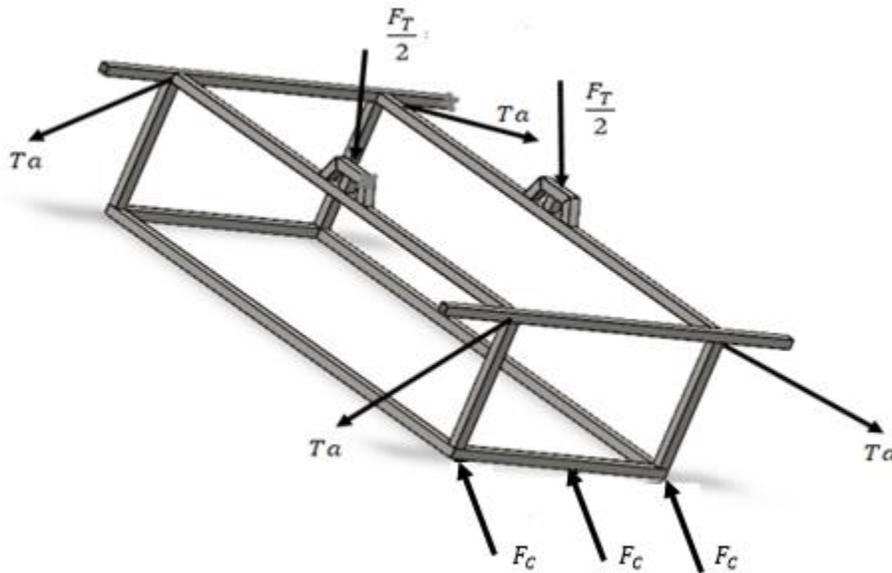


Figura N°15: DCL del chasis de la Bomba Barsha.

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

A continuación, se evidenciará los cálculos de las fuerzas que se aplicará al chasis:

a. Fuerza Gravitacional de la rueda y el eje (F_T)

Es la suma del peso de la rueda en su totalidad (incluye sistema hidráulico) y el peso del eje.

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

Se empezó calculando masa de cada uno de los accesorios los detalles se muestran en el Anexo N°10. El resultado de la fuerza gravitacional de la rueda y eje se muestra a continuación:

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

b. Fuerzas de la corriente fluvial (F_c)

La fórmula para obtener las fuerzas de la corriente sobre el chasis se muestra a continuación:

$$F_c = \rho_{H_2O} * Q_m * \Delta_v$$

Donde:

F_c : Fuerza de la corriente (N)

ρ_{H_2O} : Densidad del agua (Kg/m^3)

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

Δ_v : Variación de velocidad de la corriente al impacto con el chasis (Kg/m^3)

Tomando los valores de la Tabla N°3 del proyecto especial Olmos Tinajones, tiene un caudal de $33,62 \text{ m}^3/\text{s}$ y $9,47 \text{ m}^3/\text{s}$ y velocidades de $2,45 \text{ m/s}$ y $1,48 \text{ m/s}$.

A continuación, se muestra el resultado de dicho cálculo:

$$F_c = 1000 * \left(\frac{33,62 + 9,47}{2} \right) * (2,45 - 1,49)$$

$$F_c = 20899 \text{ N}$$

c. Reacciones

Se consideró sujetar la Bomba Barsha en cada esquina del chasis para impedir que esta sea empujada por el agua y sobre todo reforzar la estabilidad de la Bomba en el agua. Se consideró en el diagrama de cuerpo libre una tensión de cuerda T_a .

Tensión de la cuerda de amarre (Ta)

Esta tensión que sujetara la Bomba Barsha al canal tendrá el mismo valor que la fuerza de la corriente (Fc) para que esta no sea arrastrada por el agua. En la Figura N°17 se indica las fuerzas utilizadas en el diseño. Con estas fuerzas empleadas se hizo una simulación estructural con ayuda del software SolidWorks. Los resultados de las simulaciones que se le hicieron al chasis se muestran en las Figuras N°18 a la N°19.

En la Figura N°18 se evidencia el desplazamiento estático del chasis de la Bomba Barsha con un valor máximo de 1,89 mm en la viga mostrada de color rojo. En la Figura N°19 se manifiesta el factor de seguridad del chasis de la Bomba Barsha con un factor mínimo de 1,3.

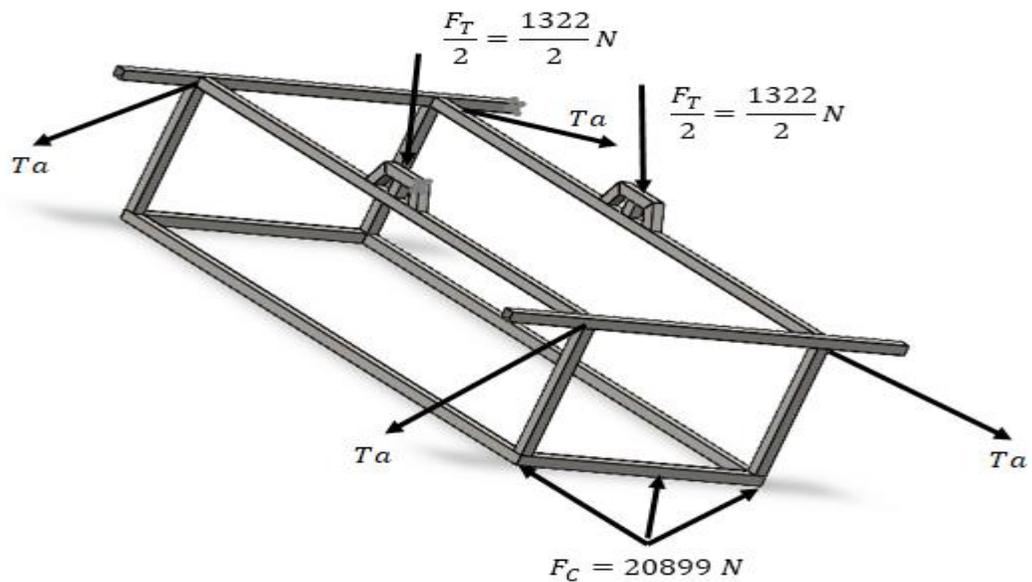


Figura N°16: Fuerzas aplicadas en el chasis de la Bomba.

Nombre del modelo: CARROCERÍA 2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado <Como mecanizada>-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 133.601

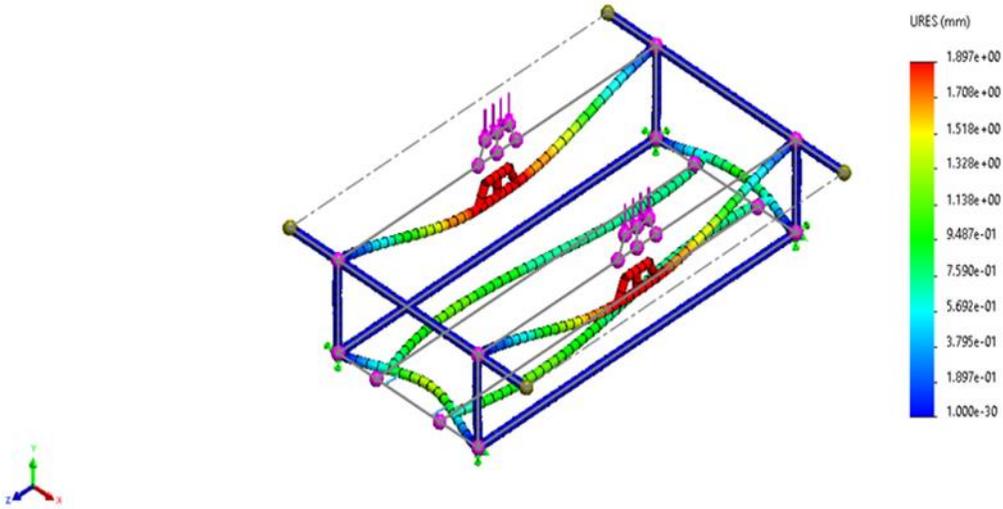


Figura N°17: Desplazamiento estático del chasis.

Nombre del modelo: CARROCERÍA 2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado <Como mecanizada>-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.3

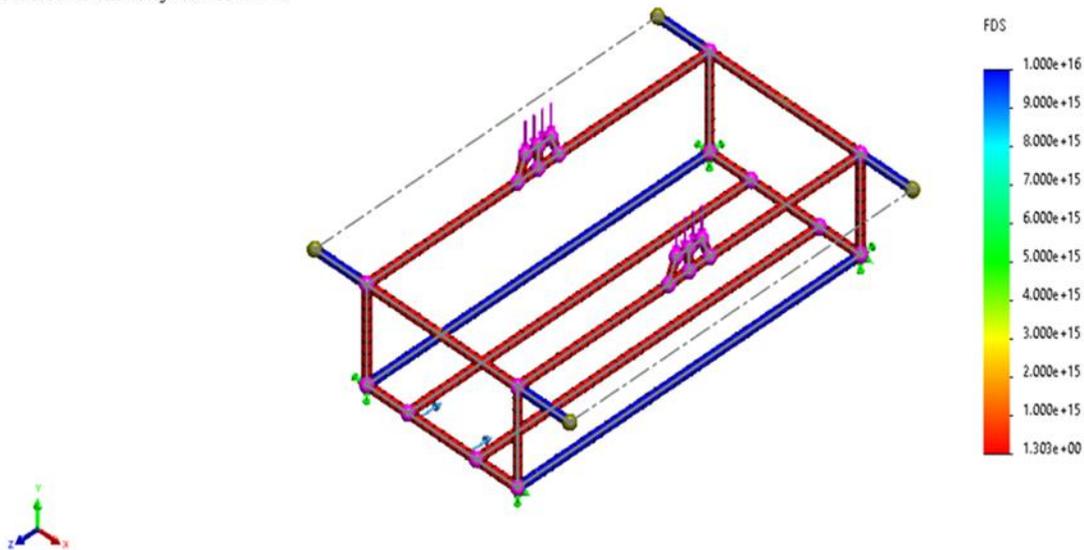


Figura N°18: Factor de seguridad del chasis.

4.3.4. Diseño del Eje

Se diseñara un eje hueco con el objetivo de que esta se abastezca con agua, con destino hacia la tubería de descarga, el diámetro interior del eje tiene que ser mayor al diámetro exterior de la manguera enrollada. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

El diámetro exterior de la manguera enrollada es de 49 mm (Anexo 5). Se eligió un tubo de acero inoxidable 304 con espesores comerciales como se muestra en la Tabla N°14 y que este cuente con un diámetro interior mayor a 49 mm. (Ver Anexo 10)

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	SCHEDULE	
		40S	
Pulg	mm	mm	ϕ_i
2	60,3	3,92	52,46

Tabla N°14: Diámetro del eje de cedula 40.

Se tomaron las medidas de la Tabla N°14 y las fuerzas de la sección b. (Fuerza Gravitacional de la rueda y eje). Con estos datos se procedió a calcular el Torque:

$$T_r = F_T * D_r$$

$$T_R = 1322 * 1,5 \text{ m}$$

$$T_R = 1983 \text{ Nm}$$

Se analizó el esfuerzo cortante máximo debido a la torsión con el propósito de que cuando se produzca demasiada cantidad de agua esta frene la rueda y se genere un momento torsor y el eje soporte esa torsión. Con los datos de la Tabla N°14 se procedió a calcular el momento polar de inercia para un eje hueco la formula se muestra a continuación:

$$J = \frac{\pi}{32} (d_e^4 - d_i^4)$$

$$J = \frac{\pi}{32} (0,0603 \text{ m}^4 - 0,05246 \text{ m}^4)$$

$$J = 5,54429e^{-07} \text{ m}^4$$

A continuación, se calculó el esfuerzo máximo cortante:

$$\tau_{max} = \frac{T * r}{J}$$

$$\tau_{max} = \frac{(1983 \text{ Nm})(0,0603 \text{ m}/2)}{5.54429e^{-07} \text{ m}^4}$$

$$\tau_{max} = 107836174,4/\text{m}^2$$

Con el apoyo de la herramienta SolidWorks se procedió a simular un tubo de 2" y de cedula 40. Los resultados se evidencian en la Tabla N°15, 16 y 17.

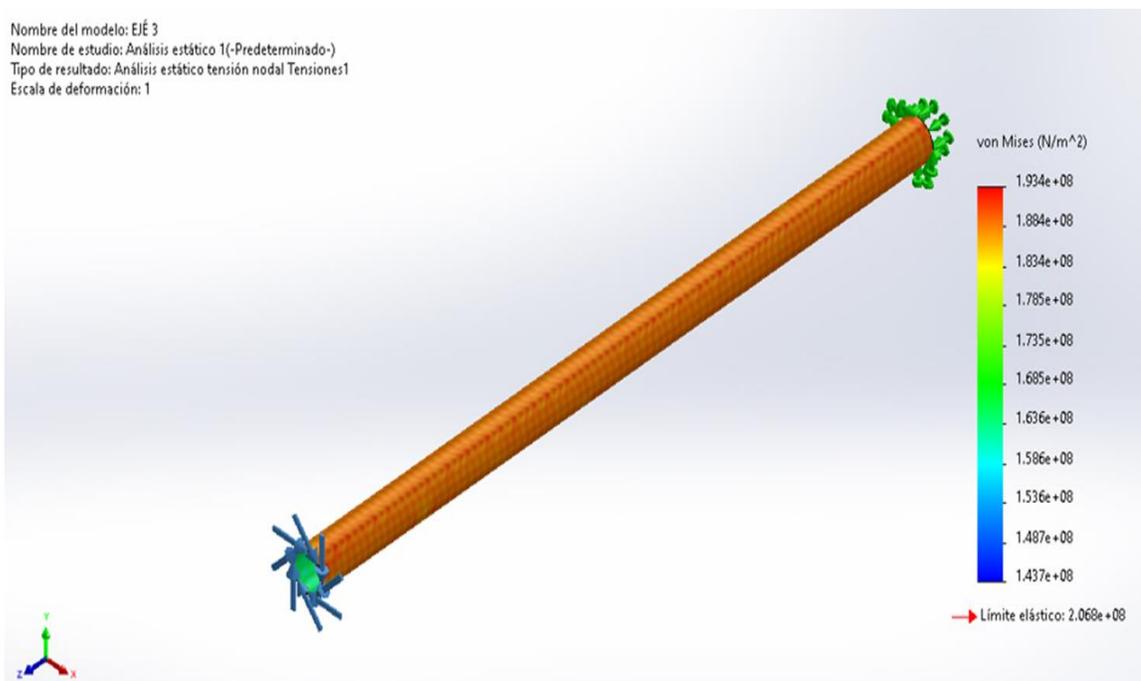


Figura N°19: Límite elástico del eje.

Nombre del modelo: EJE 3
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1

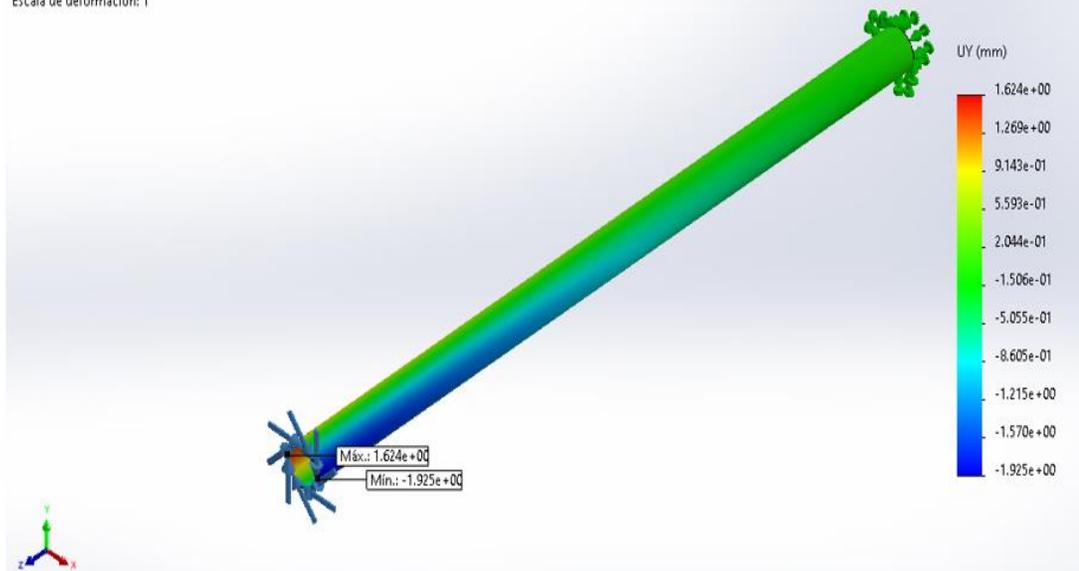


Figura N°20: Desplazamiento estático del eje.

Nombre del modelo: EJE 3
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.1

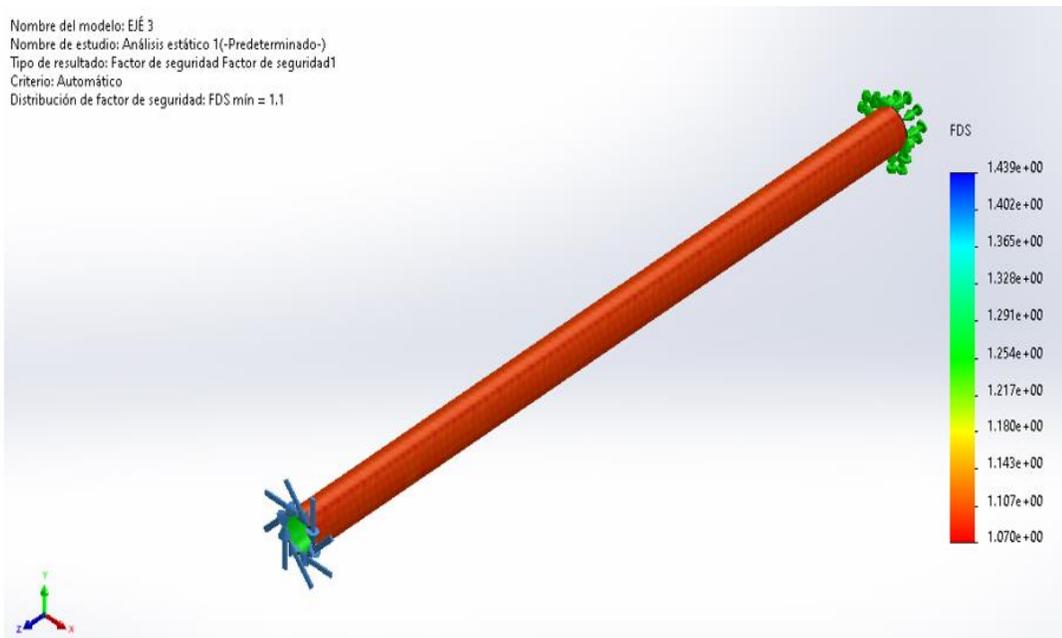


Figura N°21: Factor de seguridad del eje.

4.3.5. Selección de los componentes estándar

Selección del tanque de almacenamiento

En este caso necesitaremos un tanque de 240 a 400 m³ debido a que el riego se efectúa 4 veces al mes. La Bomba Barsha nos brinda 0,00241 m³/s o 208,2 m³/día. Por lo tanto, para obtener una demanda máxima de 400 m³ la Bomba tendría que trabajar 48 horas y no usar un tanque de almacenamiento. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

Selección de la tubería para la espira

Se eligió una tubería de poliuretano negro de diámetro comercial, este material es resistente al calor, tiene mayor durabilidad y es económico. (Teran Echeverría, 2012)

Selección de la junta giratoria

Se eligió una junta giratoria de marca Deublin, con sellos de carburo de silicio que son las más aptas para trabajar en agua. La ficha técnica se muestra en el Anexo N° 11.

Selección del soporte del eje

Para seleccionar el soporte adecuado para el eje giratorio se comparó dos alternativas por medio de una matriz de criterios ponderados para la obtención del soporte más óptimo. Como se muestra en la Tabla N°17 la alternativa N°2 fue la más apta por su mayor lubricación y resistencia a la humedad. (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019)

SOPORTE PARA EL EJE DE LA BOMBA TIPO ESPIRAL	SOPORTES CANDIDATOS				
	ALTERNATIVA N°1		ALTERNATIVA N°2		
	Chumaceras		Bocinas de bronce		
	CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación de Ponderado
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
DISPONIBILIDA D	20	4	0,8	4	0,8
TOTAL	100	16	4	20	5,2

Tabla N°15: Elección del soporte para el eje de la Bomba Barsha.

Fuente: Gutiérrez Camacho & Tafur Naquiche. (2019).

Selección de la cuerda de anclaje de la Bomba Barsha

Para la elección de la cuerda apropiada se comparó por medio de una matriz de criterios ponderados la cuerda más óptima, se le asignó un porcentaje a cada criterio y una puntuación como se verá en la Tabla N°16 y 17.

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO (%)
Resistencia a la corrosión por la humedad	50
Costo	30
Disponibilidad	20
Total	100

Tabla N°16: Ponderado de los criterios considerados para la matriz de selección.

INDICADORES	
PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN
1	Poco satisfecho
2	Satisfecho
3	Muy satisfecho

Tabla N°17: Puntuación de criterios.

CUERDA DE ANCLAJE DE LA BOMBA BARSHA	Ponderado (%)	ANCLAJES CANDIDATOS			
		OPCIÓN N°1		OPCIÓN N°2	
		POLIPROPILENO		ACERO INOXIDABLE	
CRITERIOS		Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación	Puntuación de Ponderado
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN POR HUMEDAD	50	3	1,5	3	1,5
COSTO	30	3	0,9	2	0,6
DISPONIBILIDAD	20	2	0,4	2	0,4
TOTAL	100	8	2,8	7	2,5

Tabla N°18: Elección de la cuerda de anclaje de la Bomba Barsha.

Como se muestra en la tabla N°18 la opción N°2 fue la cuerda más óptima para el anclaje de la Bomba Barsha. Se eligió una cuerda de polipropileno por su resistencia a la radiación UV y a su flexibilidad. La gran ventaja de esta cuerda es la falta de susceptibilidad al agua y la humedad. La ficha técnica se aprecia en el Anexo N°12. Las características de dicha cuerda se apreciarán en la Tabla N°19. (htt6)

Díámetro Ø (mm)	Fuerza de rotura (daN)	Peso (kg/m)
18	2560	0,142

Tabla N°19: Datos técnicos de la cuerda de polipropileno.

Se usará una cuerda de longitud de 4 m a cada extremo del chasis de la Bomba Barsha como se aprecia en la Figura N°22 y estas al igual estarán sujetas a los extremos por medio de unas argollas de acero empotradas al canal de concreto y así evitar que el diseño sea arrastrado por la corriente del agua.



Figura N°22: Cuerdas que sujetaran la Bomba Barsha.

La fuerza que se le empleara a la cuerda viene hacer la fuerza de la corriente del agua que es un valor de 20,899 N para el análisis en el software SolidWorks se aplicará la mitad de la fuerza del agua (F_c) ya que se usaran dos cuerdas de 4 m a cada extremo para sujetar la Bomba Barsha. Los resultados de las simulaciones que se le hicieron a la cuerda se muestran en las Figuras N°23 a la N°24.

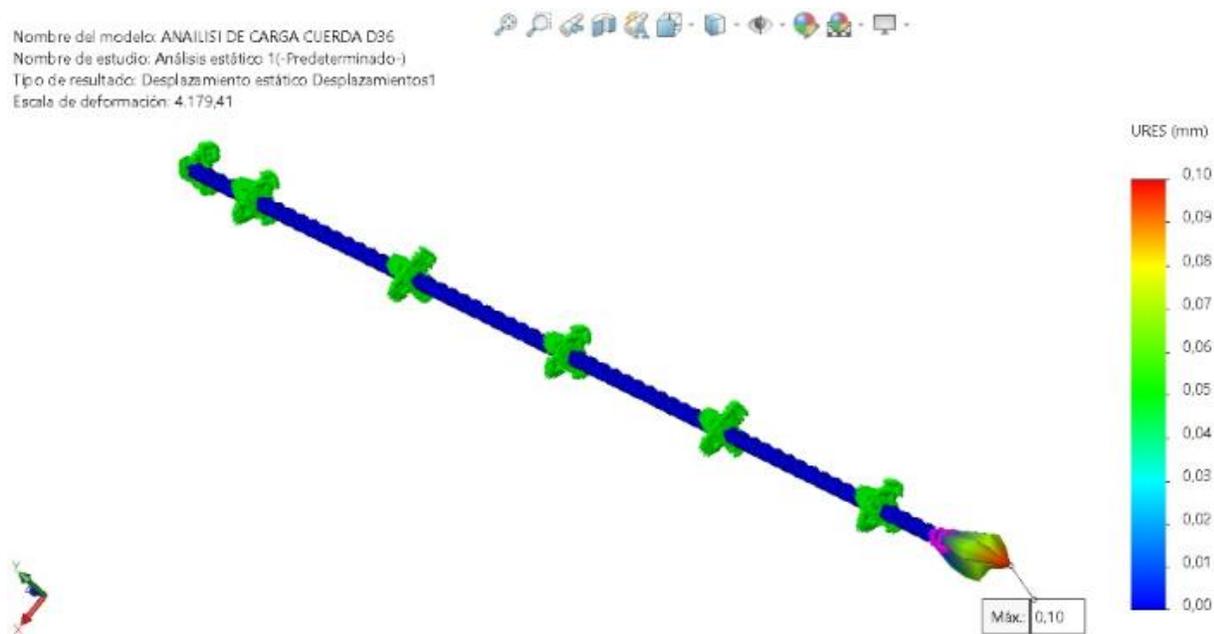


Figura N°23: *Desplazamiento estático de la cuerda.*

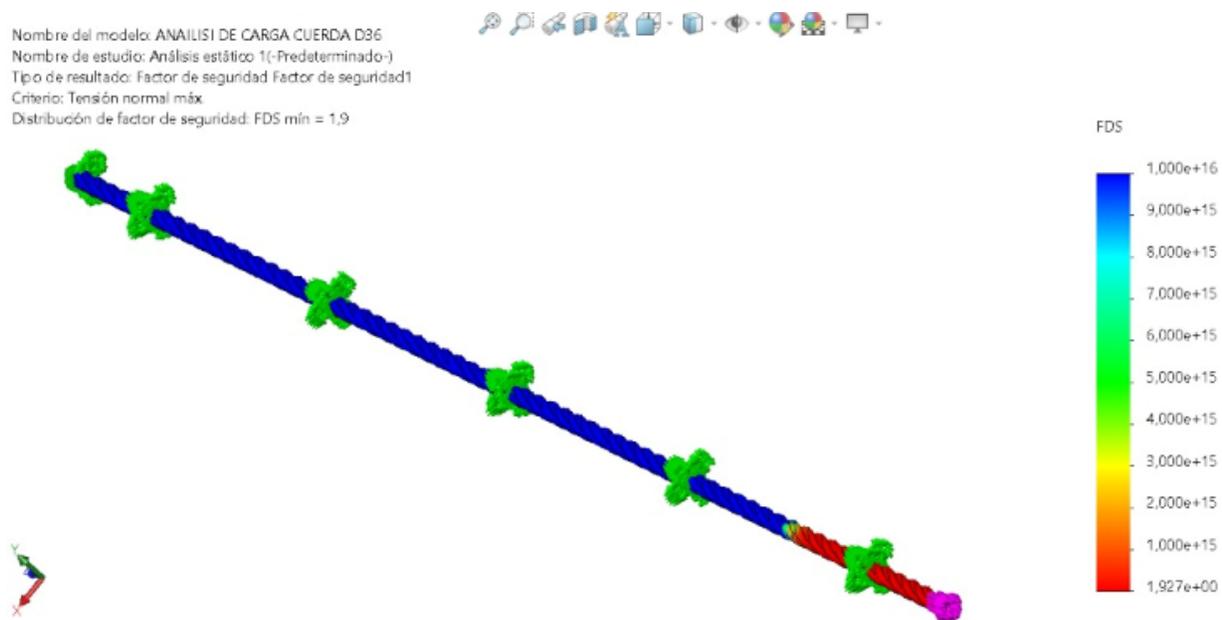


Figura N°24: *Factor de seguridad de la cuerda.*

4.4. Evaluación económica

Para realizar la evaluación económica primero determinamos el presupuesto que involucra la implementación de la Bomba Barsha.

Inversión: En la Tabla N°19 se elabora una explicación de cada elemento de la Bomba Barsha con sus correspondientes precios, para poseer un alcance general del costo total de lo que llegara a valer el diseño con recursos propios.

PRESUPUESTO DE LA BOMBA BARSHA			
ESTRUCTURA	CANT	COSTO UNIT S/..	SUB TOTAL S/.
PLCH 1.5MM AISI 304 1200X2400	1	350	350
PLCH 3MM AISI 304 1200X2400	0.5	610	305
JUNTA GIRATORIA + ACCESORIOS	1	350	350
TUBO CUAD INOX 2" X 2" X 1.5MM	2	300	600
TUBO RECT INOX 50 X 10 X 1.5MM	1	180	180
TUBO RECT INOX 10 X 20 X 1.5MM	1	75	75
TUBO REDO 2" CED 40 X 3M	1	180	180
TUBO REDO 4" CED 10 X 3M	1	200	200
TOTAL			2240
ACCESORIOS	CANT	COSTO UNIT S/.	SUB TOTAL S/.
FLOTADORES	4	13	52
PERNO M10 INOX	28	2	56
ANILLOS M10 INOX	28	0.5	14
TUERCAS M10 INOX	28	0.5	14
MANGUERA DE 1.5"	100	3.5	350
UNION Y DE 1.5"	1	10	10
ANILLO INOX D1.5"	1	2	2
BUJE DE EJE D1 5"	1	5	5
MUELLE DE D1.5"	1	10	10
UNION 1 1/2"-4"	1	20	20
ANILLO CONICO D1.5"	1	15	15
ANILLO DE APOYO D1.5"	1	15	15
BOCINAS BRONCE SAE 64	2	120	240
CUERDA	5	21	105

TOTAL			908
CONSUMIBLE	CANT	COSTO UNIT S/.	SUB TOTAL S/.
APORTE INOX 3/32"	1	85	85
DISCO DE CORTE 4 1/2"	15	4	60
DISCO DE PULIFAN 4 1/2"	5	12	60
DISCO DE DESBASTE 4 1/2"	1	9	9
TOTAL			214
MANO DE OBRA			SUB TOTAL S/.
MANO DE OBRA	CANT	COST UNIT S/.	S/.
MANO DE OBRA DE SOLDADURA	1	190	190
MANO DE OBRA DE TORNO	1	100	100
TOTAL			290
RESUMEN	MONTOS S/.		
ESTRUCTURA	2240		
ACCESORIOS	908		
CONSUMIBLE	214		
MANO DE OBRA	290		
OTROS	300		
TOTAL	3952		

Tabla N°20: Presupuesto detallado de la Bomba Barsha.

Mantenimiento: Se recomienda que la renovación de bocinas se ara cada año y el precio se muestra en la Tabla N°20.

MANTENIMIENTO DE LA BOMBA BARSHA			
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUB TOTAL S/.
BOCINAS BRONCE SAE 64	2	110	220
CUCHILLAS CARBURADAS	2	20	40
TOTAL			260
MANO DE OBRA	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUB TOTAL S/.
TORNERO	1	50	50
TOTAL			50

RESUMEN	MONTOS
MATERIAL	260
MANO DE OBRA	50
TOTAL	310

Tabla N°21: Mantenimiento de la Bomba Barsha.

Se evaluaron 3 escenarios como se muestra en la Tabla N°19, Escenario 1 denominado pesimista se denominó así porque los ingresos son muy pocos, se considera que la bomba no va a generar una gran cantidad de agua, Escenario 2 denominado optimista se denominó así porque los ingresos son normales y la bomba si generara una buena cantidad de agua y en el Escenario 3 denominado Normal porque los ingresos son muy buenos y la bomba generaría una gran cantidad de agua.

Los cálculos del VAN y el TIR se puede apreciar en la Tabla N°19. se obtiene dos resultados convenientes con lo cual se obtiene que la inversión en la Bomba Barsha es favorable.

ESCENARIO 1				ESCENARIO 2				ESCENARIO 3			
AÑO	0	1	2	AÑO	0	1	2	AÑO	0	1	2
EGRESOS	-3952	-310	-310	EGRESOS	-3952	-310	-310	EGRESOS	-3952	-310	-310
Inversión	-3952			Inversión	-3952			Inversión	-3952		
Mantenimiento		-310	-310	Mantenimiento		-310	-310	Mantenimiento		-310	-310
INGRESOS	0	462	4097,84	INGRESOS	0	3196,92	6832,76	INGRESOS	0	4464	8099,84
Ahorro		462	462	Ahorro		3196,92	3196,92	Ahorro		4464	4464
Valor Residual			3635,84	Valor Residual			3635,84	Valor Residual			3635,84
BENEFICIOS	-3952	152	3787,84	BENEFICIOS	-3952	2886,92	6522,76	BENEFICIOS	-3952	4154	7789,84
<hr/>				<hr/>				<hr/>			
VAN	-796,64			VAN	3825,51			VAN	5966,94		
TIR	0%			TIR	70%			TIR	102%		
<hr/>				<hr/>				<hr/>			

Tabla N°22: Evaluación económica.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De la evaluación económica de mi proyecto obtuve un TIR del 70 % lo cual no concuerdo con la investigación realizada por (Gutierrez Camargo & Tafur Naquiche, 2019) en la cual el obtuvo un resultado del 65 % por motivos de que en su proyecto no realizó el cálculo de valor residual que esta se encuentra calculando la vida útil del diseño.

Con respecto al diseño de la rueda hidráulica de la investigación realizada, se diseñó alabes de 0,5 m de altura por 0,7 m de ancho con un diámetro de rueda de 1,5 m, en este caso no concuerdo con la investigación de (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012) que consideró como medidas de sus alabes de 0,2 m de altura por 0,3 m de ancho para sus dos muestras de diseño de bomba de espiral utilizando diámetros de rueda de 0,5 m y 1,96 m, en este caso no se rigió por las recomendaciones de diseño que son las siguientes: que la altura de los alabes tiene que ser la tercia parte del diámetro de la rueda y el ancho del alabe tiene que ser menor a la mitad del diámetro de la rueda.

La Bomba Barsha utilizada en la presente investigación se diseñó bajo recomendaciones de diseño y especificación ingenieril, el material empelado para la rueda, chasis, eje, rayos y alabes fue el Acero inoxidable AISI 304 resistente a la corrosión debido a que estará en contacto con el agua y la humedad, y es el acero más utilizado para diseño estructural, con respecto al tema de las espiras se usó manguera de poliuretano negro resistente al calor, en este caso no concuerdo con la investigación realizada por (Castro Seminario & Martinez Oviedo, 2012) que utilizó materiales en su mayoría reciclables como aro de bicicleta en el caso de la rueda, triplay reforzado para los alabes y manguera de agua para el tema de las espiras.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó a través del canal Taymi el caudal entre los meses Enero a Mayo de $7,14 \text{ m}^3/\text{s}$ y de Junio a Diciembre de $15,24 \text{ m}^3/\text{s}$ y las necesidades hídricas de los agricultores por medio de una encuesta gastan más de 300 soles mensuales en irrigar sus cultivos.
2. Se definió mediante una matriz morfológica y a través de una matriz de selección de criterios ponderados de Eggert comprender y determinar las ventajas y sus desventajas entre las cuatro soluciones presentadas. El procedimiento de esta matriz determinó definitivamente que la solución 4: Bomba tipo espiral con dos capas de espiras es el diseño más apropiado para este proyecto.
3. La Bomba Barsha impulsaría una altura total de 6,7 m con 5 espiras a cada lado de la rueda, 25 m de longitud de manguera, con un diámetro interno de manguera de 0,0381 m y 5 alabes de $0,5\text{m} \times 0,7\text{m}$ con diámetro de rueda de 1,5 m, su proceso constructivo se realizó con material de Acero inoxidable AISI 304 tanto para el chasis, eje y rueda para evitar la corrosión ya que el diseño estará en contacto con el agua y con un material para la manguera de poliuretano negro por su durabilidad y resistente al calor del sol.
4. La construcción de la Bomba Barsha haciende a 3 952 soles obteniendo un VAN positivo con periodo de retorno 24 meses, además el TIR es mayor al 70%, lo que demuestra que la inversión es viable económicamente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Diseñar bombas de espiral de dimensiones grandes y evaluarlas en canales con mayor velocidad de agua y de grandes volúmenes, de tal manera que giren a más revoluciones por minuto y obtener caudales de agua a mayor altura y así poder obtener mejores beneficios en la agricultura.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- (s.f.). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/moreno_t_am/capitulo3.pdf
- (s.f.). Obtenido de <https://tiposdefichas.com/ficha-de-observacion/>
- (s.f.). Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html>
- (s.f.). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022009000300006
- (s.f.). Obtenido de <https://www.stanke-cuerdas.es/cuerdas/cuerda-de-polipropileno-pp/>
- Sanmiguel Jaimes, J. C., & Andres Machuca, E. (2012). *“REDISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO CON ENERGIA NO CONVENCIONAL (BOMBA DE RUEDA)”*. Colombia.
- Castro Seminario, W. E., & Martinez Oviedo, J. Y. (2012). *CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017*. Tumbes.
- Gutierrez Camargo, D. E., & Tafur Naquiche, J. A. (2019). *DISEÑO DE UNA BOMBA TIPO ESPIRAL PARA IRRIGACIÓN DE CULTIVOS DEL CENTRO POBLADO LA CRIA – LAMBAYEQUE*. Pimentel.
- Huerta Socorro, C. J. (2016). *Preparadurías Sistemas de Potencia I: Flujos de Carga*. Universidad Simón Bolívar. ResearchGate. Recuperado el Noviembre de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/311796467_Metodos_de_Flujo_de_Carga?enrichId=rgreq-0f6d306063ce27072282621a450cad37-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxMTc5NjQ2NztBUzo0NDE4MTg2NTIzODUyODFAMTQ4MjM0OTE4MzIxMg%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Informatica, I. N. (2012). *Cuarto Censo Nacional Agropecuario del Perú*. Recuperado el 10 de 06 de 2019, de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCEN AGRO.pdf>

INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS. (s.f.). Obtenido de https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf

LLano, C. (1994). *Física*. México D.F.: Progreso S.A.

MUNDO, B. N. (22 de Enero de 2018). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/razones-escasez-agua-mundo-noticia-490577>

OSINERGMIN. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*.

Rodríguez Freire, I. (2016). *Transporte de energía eléctrica por corriente continua*. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.

Sadiku, M. N. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

SOLIDWORKS, I. A. (s.f.). Obtenido de https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf

Teran Echeverría, M. A. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas de espiral*. Sangolqui.

UNAM, F. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>

IX. ANEXOS

ANEXO 1

AVERIGUACIÓN OBTENIDA DE LA ENCUESTA AL CENTRO POBLADO LA CRIA-
DISTRITO DE PÁTAPO.

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 ^{3/4}
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: ^{Facra}
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, Mucha 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?
..... 2 mil
15. ¿En cuánto tiempo piensa podría recuperar la inversión de comprar una bomba tipo espiral?
..... ~~tres por canal~~ 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?
..... sí
14. Teniendo en cuenta que usted no gastaría en combustible. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una bomba tipo espiral?
..... Menos que la metabomba / Más \$2500
15. ¿En cuánto tiempo piensa podría recuperar la inversión de comprar una bomba tipo espiral?
..... Menos que la metabomba / 5 años

FOTOS DE LAS BOMBAS EMPLEADAS PARA EL RIEGO



PRECIO DE MANTEMINIENTO

En la siguiente tabla se aprecia los costos de mantenimiento al usar bombas que funcionan con motor petrolero:

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

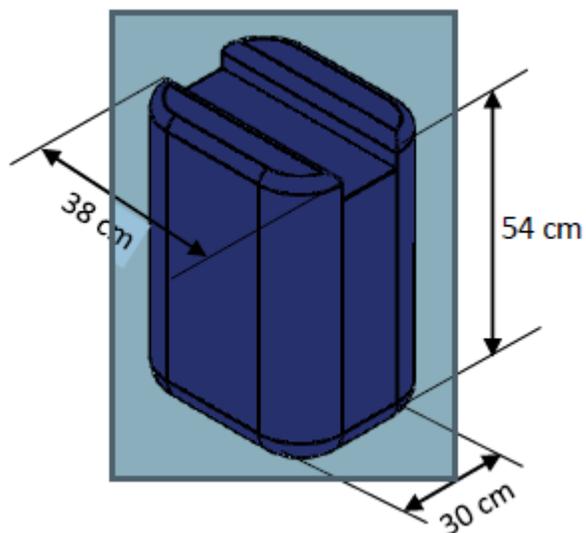
ANEXO 3

FLOTADORES

Para bajar los gastos se escogieron galoneras de plástico vacías como se muestra a continuación:



Las dimensiones de los flotadores se muestran en la siguiente imagen:



ANEXO 4

REFERENCIAS DEL PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES – GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE



PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES AREA DE OPERACIONES TABLA DE DESCARGA

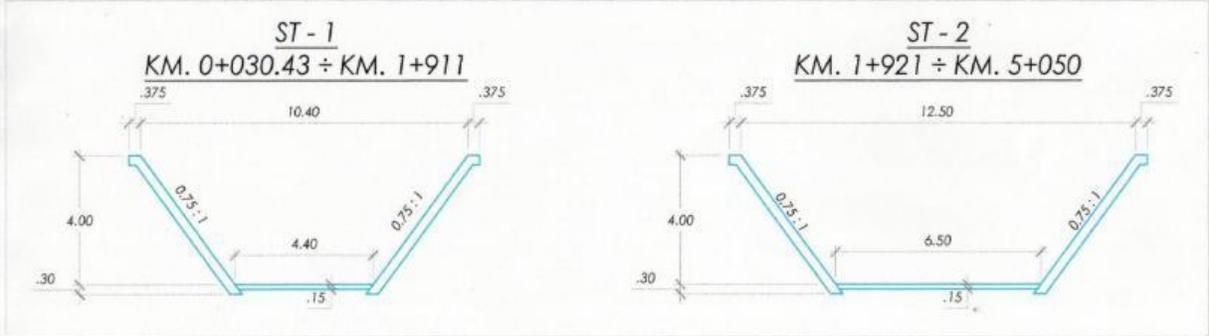
CANAL TAMYI ESTACIÓN Km 1 + 050

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s	m	m³/s
0.01	0.000	0.41	1.010	0.81	4.111	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



QNAQ TAYMI



[Handwritten signature]
V.P.
PEOT



PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES



CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS (KM 1+050) CANAL TAYMI m3seg.												
	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	15.626	12.859	9.371	0.557	-	12.253	8.004
4	17.966	49.566	43.417	40.565	34.839	14.582	12.677	10.237	0.169	-	12.168	6.850
5	19.936	51.147	39.769	40.596	34.347	15.757	13.269	10.286	-	-	11.582	7.281
6	20.819	53.127	39.025	41.685	33.843	14.717	14.051	9.819	-	-	10.884	7.460
7	22.138	49.480	39.094	40.671	32.458	12.803	12.968	10.097	-	-	10.291	7.052
8	25.056	45.883	39.299	41.537	29.461	12.875	12.865	10.142	-	-	10.990	7.343
9	27.897	53.415	43.957	32.118	28.349	13.896	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	7.386
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	60.046	47.141	26.052	13.281	9.964	12.383	-	-	10.655	7.595
14	23.814	50.423	60.556	48.749	24.836	14.089	10.203	11.646	-	-	11.152	7.547
15	38.729	53.251	57.983	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	14.893	9.415	11.018	-	5.972	9.287	8.670
17	37.585	51.672	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	-	9.968	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	31.817	0.750	9.036	40.464	22.715	-	9.782	11.260	-	13.179	9.281	21.722
22	36.741	5.879	19.962	36.225	22.256	1.250	9.320	11.321	-	12.986	9.974	21.866
23	25.696	28.283	20.282	36.071	20.905	14.183	9.271	11.338	-	12.576	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	8.859	10.183	12.158	-	11.938	9.859	22.795
27	28.161	40.700	29.763	36.277	20.123	6.997	10.604	12.991	-	13.502	9.324	25.967
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	-	12.766	10.796	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	806.944	308.686	342.192	352.213	30.387	178.826	311.933	474.145
PRO	27.434	43.299	39.666	49.595	25.998	10.289	11.038	11.382	1.013	5.789	10.368	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	6.890
MASA	73.478.382	108.418.016	106.241.155	105.223.104	66.633.562	26.666.742	29.565.369	30.431.203	2.825.437	15.450.366	26.951.011	40.966.128

Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría





PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES



CALDALES PROMEDIOS DIARIOS (KM 1+050) CANAL TAYMI m ³ /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	8.580				
3	-	0.861	36.509	24.053	26.233	21.836	9.814	6.577				
4	-	0.129	29.966	28.151	26.880	19.982	9.807	9.097				
5	-	0.123	0.147	27.819	36.431	17.728	9.582	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	-	17.586	35.585	36.167	33.977	16.592	11.079	9.038				
9	-	17.572	37.749	34.783	34.085	17.517	9.209	8.998				
10	-	16.846	35.601	37.520	35.683	16.703	-	8.659				
11	-	18.189	29.289	40.993	33.679	17.058	10.377	9.587				
12	-	18.668	25.486	40.727	30.925	8.048	12.332	9.536				
13	15.557	18.754	20.287	40.705	27.436	7.400	11.780	9.040				
14	15.686	26.267	6.476	38.826	25.635	7.880	10.170	9.287				
15	14.363	26.517	-	38.859	20.422	7.880	9.307	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	35.865	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	40.674	23.626	16.034	8.191	10.317				
21	17.482	30.659	5.547	44.442	24.102	15.865	8.796	10.238				
22	17.232	26.676	6.075	42.854	23.678	15.668	8.911	6.793				
23	17.232	26.289	7.837	41.625	24.840	15.054	8.542	11.973				
24	17.206	26.350	10.835	41.812	24.558	13.617	8.682	11.848				
25	17.772	26.472	7.006	36.732	24.243	13.974	7.328	11.828				
26	18.014	25.914	14.589	37.725	21.747	14.305	7.472	13.134				
27	18.378	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	556.222	1.084.080	815.863	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				
NASA	27.241.229	51.287.904	48.057.581	93.694.512	70.492.291	40.144.378	24.417.331	26.354.355				

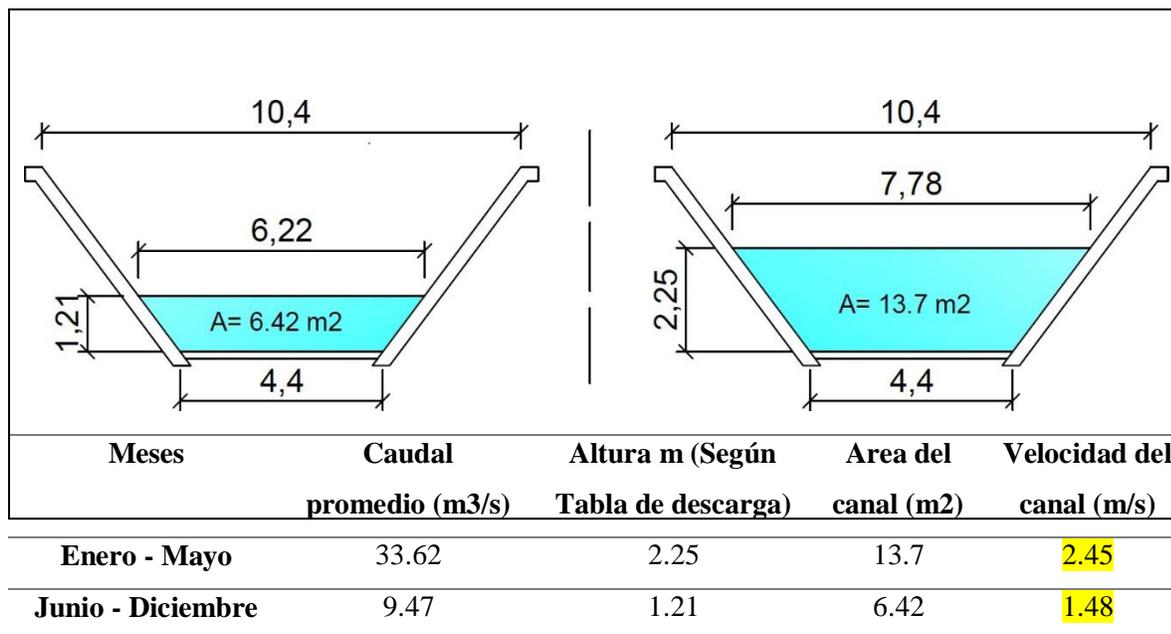
Fuente: Área de Operaciones-Hidrometría



CUADRO RESUMEN DE LOS CAUDALES BRINDADOS

Año	Mes	Caudal promedio mensual (m³/s)	Caudal por meses (m³/s)
2012	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	
2013	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	
2014	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	
2015	Enero	34.771	32.240
	Febrero	43.004	
	Marzo	33.083	
	Abril	35.083	
	Mayo	15.258	
	Junio	8.050	8.981
	Julio	8.206	
	Agosto	9.026	
	Noviembre	10.637	
	Diciembre	8.988	
2016	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	
2017	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	



ANEXO 5

CATÁLOGO DE MANGUERAS DE POLIURETANO NEGRO

**Central de
mangueras
s.a.**

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

Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI
	Pulgadas	mm	
069739224	1 1/2"	38.1	150
069739232	2"	50.8	150
069739240	3"	76.2	150

Jason Industrial Inc.

D.I.		D.E.		Ref. Capas	Presión de T		Peso	
pg.	mm.	pg.	mm.		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

Se determinó la siguiente fórmula para las distintas alturas de presión atmosférica:

$$P_{\text{atm}} = p'_0 e^{-\alpha H}$$

$$\alpha = \frac{\rho_{\text{aire}} * g}{P_0}$$

Donde:

p'_0 : Presión atmosférica medida al nivel del mar (mBar) = 1013,25 mBar

P_0 : Presión atmosférica medida al nivel del mar = 101325 Pa

ρ_{aire} : Densidad del aire ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

g : Gravedad = 9,81 m/s²

α : Constante

Para una altura de 118 msnm

$$\rho_{\text{aire}} = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1,22 * 9,81}{101325} = 1,18110^{-4} \text{m}^{-1}$$

$$P_{\text{atm}} = 1013,25 * e^{-1,181 * 10^{-4} \text{m}^{-1} * 118 \text{ m}} = 999,22 \text{ mbar} * \frac{10,2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{\text{atm}} = 10,192 \text{ mca}$$

Para una altura de 400 msnm

$$\rho_{\text{aire}} = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1,22 * 9,81}{101325} = 1,18110^{-4} m^{-1}$$

$$P_{\text{atm}} = 1013,25 * e^{-1,181 * 10^{-4} m^{-3} * 400 \text{ m}} = 966,49 \text{ mbar} * \frac{10,2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{\text{atm}} = 9,858 \text{ mca}$$

Para una altura de 800

$$\rho_{\text{aire}} = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Reemplazamos

$$\alpha = \frac{1,22 * 9,81}{101325} = 1,18110^{-4} m^{-1}$$

$$P_{\text{atm}} = 1013,25 * e^{-1,181 * 10^{-4} m^{-3} * 800 \text{ m}} = 893,83 \text{ mbar} * \frac{10,2 \text{ mca}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_{\text{atm}} = 9,433 \text{ mca}$$

ANEXO 8

DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA BOMBA BARSHA

Se tuvo en cuenta para el diseño hidráulico las medidas de la Tabla 11 de la sección 4.3.2. Diseño Paramétrico de Sistema hidráulico. Se usaron las formulas de la sección 1.3.1. Diseño de una bomba tipo espiral.

A. Cálculo del caudal y desnivel máxima de bombeo.

Se tomó para el cálculo la altitud de 118 msnm ya que es la altitud donde se encuentra el Distrito de Pátapo, esta presión es de 10,192 m.c.a.

DATOS GENERALES		
Desnivel, h	5	m
Diametro de la rueda, Dr	1,5	m
Presión atmosférica, Patm	10,192	m.c.a

Altura de descarga de la última espira

$$h_n = \frac{(P_{atm} + D_r) * D_r}{P_{atm} + h} = \frac{(10,192 \text{ mca} + 1,5 \text{ m}) * 1,5 \text{ m}}{10,193 \text{ mca} + 5 \text{ m}}$$

$$h_n = 1,154 \text{ m}$$

Número de espiras

$$n_e = \frac{2h}{D_{rueda} + h_n} = \frac{2(5 \text{ m})}{1,5 \text{ m} + 1,154 \text{ m}}$$

$$n_e = 3,768 \text{ espiras}$$

Número de espiras reales

$$n_{re} = n_e * 1,20 = 3,768 * 1,20$$

$$n_{re} = 4,52 \text{ espiras} = 5 \text{ espiras}$$

A continuación, se hizo los despejes respectivos y se obtuvo una fórmula para obtener la altura máxima de bombeo:

FORMULA- DESNIVEL MÁXIMO

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

$$h_{max} = \frac{\{[-((2 * 10.192) - (1.5 * 5))]\} + \sqrt{\{(2 * 10.192) - (1.5 * 5)\}^2 - \{(4 * [2 * (-2 * 5 * 10.192 * 1.5) + (5 * 1.5^2)])\}}}{4}$$

$$h_{max} = 6,40 \text{ metros}$$

B. Cálculo del caudal

DATOS GENERALES		
Diametro de la tubería, Dt	0,0381	m
Diametro de la rueda, Dr	1,5	m
Fracción de sumersión	1/3	adimensional
Profundidad de la pala sumergida, Hs	0,5	m
Velocidad del canal, Vc	1,48	m/s
Coficiente de velocidad ideal, Cv	0,4	adimensional

Según (Da Rocha. J, 2014) el coeficiente de velocidad ideal se puede usar para las bombas tipo espiral.

Profundidad de pala no sumergida

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

$$H_{s-no} = \left(\frac{1,5 \text{ m}}{2}\right) * (1 - 1/3)$$

$$H_{s-no} = 0,5 \text{ m}$$

Velocidad de la pala

$$V_p = V_c * C_v$$

$$V_p = 1,48 \text{ m/s} * 0,4$$

$$V_p = 0,6 \text{ m/s}$$

Velocidad angular RPM – RPS

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

$$N_c = \frac{0,6}{0,5 * 2\pi}$$

$$N_c = 0,190 \text{ RPS}$$

Caudal de salida de la espiral:

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

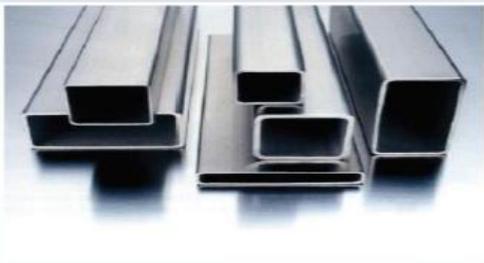
$$Q_{salida} = 2\pi * \left(\frac{0,0381}{2}\right)^2 * \pi * 1,5 * 0,190$$

$$Q_{salida} = 0,002041 \text{ m}^3/\text{s}$$

ANEXO 9

**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

ASTM A240 / ASME SA240

PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE (SHEETS AND PLATES)

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	*						
		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	*						
		0.4 - 0.7	*						
		0.8 - 2.0	*	*	*				
	430	0.4 - 0.9	*						
		1.0 - 1.2	*	*	*				
		1.5 - 2.0	*						

* Otras dimensiones a pedido

* Aplicaciones según grado en página 18-19



ANEXO 10

FUERZA GRAVITACIONAL DE LA RUEDA Y ACCESORIOS

1. Fuerza gravitacional de la rueda y eje

Antes de evaluar la fuerza gravitacional de la rueda se debe primero evaluar la masa de la tubería espiral y la masa del agua que está dentro de esta, la masa de los álabes y accesorios.

1.1. Masa de la tubería espiral

Primero se calcula la longitud de la tubería a través del método aproximado de la longitud de una espiral de Arquímedes y finalmente se calcula la masa de la tubería espiral.

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

Donde:

n_{re} : Número real de espiras

r_p : Radio promedio (m)

Para el cálculo se tomaron los datos del Anexo 8.

Datos

El desnivel (h) = 5 m

El diámetro de la rueda (D_r) = 1,5 m

La presión atmosférica (P_{atm}) = 10, 192 m.c.a.

Entonces:

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

$$L_t = 2 * \pi * 5 * \left(\frac{1,5 + 1,154}{4} \right)$$

$$L_t = 20,84 \text{ m} = 21 \text{ m}$$

El elemento empleado para la tubería es el poliuretano negro como se señaló en la sección D, conforme se muestra en el Anexo 5, señala que para la tubería elegida tenemos 1,19 kg/m.

Entonces:

$$m_t = 1,19 \text{ Kg/m} * 21 \text{ m}$$

$$m_t = 25 \text{ Kg}$$

Para el diseño se consideró el diseño de bomba con dos capas de espiras, tomando en cuenta ese dato se procedió hacer el cálculo:

$$m_t = 25 \text{ Kg} * 2$$

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

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

Por las espiras entrara volúmenes de agua, además de aire tal como se indicó en la sección 2.3.5. (Funcionamiento de una bomba tipo espiral). Por lo consiguiente, se considera que solo se ocupará de agua la mitad de la tubería espiral. Pero se tomó en cuenta que para el cálculo son dos capas de espiras entonces se asumió que toda una capa de espira estará llena de agua.

Se consideró lo siguiente:

$$d_{\text{interno de tubería}} = 0,0381 \text{ m}$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

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

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

$$m_{H_2O} = 1000 * \left(\pi \frac{(0,0381)^2}{4}\right) * 21$$

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

1.3. Masa de los alabes y de los accesorios

Se señaló en la sección D. (Selección de material de la rueda, chasis y eje) que el material usado para alabes, rayos y accesorios es el Acero AISI 304, con una densidad del material de como se muestra en la Tabla N° 10.

Calculo de peso de los alabes

Estos álabes serán elaborados de planchas de acero inoxidable de 1,5 mm de espesor. En relación a la sección C, los álabes serán 6 de 0,5 m * 0,7 m.

$$m_{alabe} = \rho_{acero} * Vol_{alabe}$$

$$m_{alabe} = 8000 * (0,7 * 0,5 * 0,0015)$$

$$m_{alabe} = 4,2 \text{ Kg}$$

Como serán 6 alabes la masa seria la siguiente:

$$m_{alabe} = 4,2 \text{ Kg} * 6 = 25,2 \text{ Kg}$$

Cálculo del peso de los rayos

Para los rayos se tomó en cuenta tubos rectangulares cuyas dimensiones fueron de 10 x 20 x 1.2 mm con un largo de 70 cm, como cada rayo sujetará un alabe entonces esta deberá de ser de 6 rayos.

$$m_{rayos} = \rho_{acero} * Vol_{rayos}$$

$$m_{rayos} = 8000 * (L_M * L_m) - ((L_M - 2e) * (L_m - 2e)) * L_{rayo}$$

$$m_{rayos} = 8000 * (0,02 * 0,01) - ((0,02 - 2 * 0,0012) * (0,01 - 2 * 0,0012)) * 0,7$$

$$m_{rayos} = 0,3 \text{ Kg}$$

Como son 6 rayos la masa seria la siguiente:

$$m_{\text{rayos}} = 0,3 \text{ Kg} * 6 = 2,2 \text{ kg}$$

Fuerza gravitacional de la rueda

Vendría hacer la suma de la masa de: la manguera enrollada, el agua que estará dentro de la manguera enrollada, la masa de los álabes y accesorios todo esto por la gravedad. A continuación, se detalla el cálculo:

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

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

$$F_T = (50 + 24 + 25,2 + 4,45) * 9,81$$

$$F_T = 1016,80 \text{ N}$$

Le adicionamos el 30% del total por los demás accesorios de la rueda y por el eje, por lo que tendríamos:

$$F_T = 1\ 322 \text{ N}$$

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 ²	Kg/mm ²	%	
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							
Polg	(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	24.7	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	5.41
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



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

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

B Puerto NPT	Modelo				A ² Rosca del Rotor	C	D ^a	D ^b	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	1 3/4"	3 3/8"	4 3/8"	1"	3/8"	3/8"	3/8"	2 1/8"
	55-000-002	55-147-152	57-000-002	57-050-002	3/8" NPT LH								
	55-000-003	55-147-149	57-000-003	57-050-003	3/8"-18 UNF RH	1 3/4"	3 3/8"	4 3/8"	1"	3/8"	3/8"	3/8"	2 1/2"
	55-000-004	55-147-150	57-000-004	57-050-004	3/8"-18 UNF LH								
	55-000-094	55-147-192	57-000-094	57-050-094	3/8" (BSP) RH								
	55-000-095	55-147-193	57-000-095	57-050-095	3/8" (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	2 1/4"	4 1/8"	5 1/8"	1 1/8"	3/8"	3/8"	1 1/8"	3 1/8"
	155-000-002	155-208-114	157-000-002	157-050-002	1/2" NPT LH								
	155-000-021	155-208-185	157-000-021	157-050-021	1/2"-16 UNF RH	2 1/4"	4 1/8"	5 1/8"	1 1/8"	3/8"	3/8"	1 1/8"	3 3/8"
	155-000-022	155-208-229	157-000-022	157-050-022	1/2"-16 UNF LH								
	155-000-151	155-208-252	157-000-151	157-050-151	1/2" (BSP) RH								
	155-000-152	155-208-253	157-000-152	157-050-152	1/2" (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	2 3/8"	5 1/8"	6 1/8"	1 1/8"	3/8"	3/8"	1 1/8"	4 1/8"
	255-000-021	255-052-256	257-000-021	257-050-021	3/4" NPT LH								
	255-000-003	255-052-258	257-000-135†	257-050-135†	1"-14 UNS RH	2 3/8"	5 1/8"	6 1/8"	1 1/8"	3/8"	3/8"	1 1/8"	3 3/8"
	255-000-027	255-052-257	257-000-136†	257-050-136†	1"-14 UNS LH								
	255-000-284	255-052-445	257-000-284	257-050-284	3/4" (BSP) RH	73	138	168	34	19	17.5	32	94
	255-000-285	255-052-446	257-000-285	257-050-285	3/4" (BSP) LH								
1"	355-000-002	355-064-186	357-000-002	357-050-002	1" NPT RH	3 1/4"	6 3/8"	8 3/8"	1 3/8"	1 1/8"	1"	1 1/8"	4 1/8"
	355-000-003	355-064-187	357-000-003	357-050-003	1" NPT LH								
	355-000-019	355-064-328	357-000-019	357-050-019	1 1/2"-12 UNF RH	3 1/4"	6 3/8"	8 3/8"	1 3/8"	1 1/8"	1"	1 1/8"	4 1/2"
	355-000-074	355-064-329	357-000-074	357-050-074	1 1/2"-12 UNF LH								
	355-000-222	355-064-378	357-000-222	357-050-222	G1" (BSP) RH	75.4	166	204	42	21.5	22.2	38.1	108
	355-000-223	355-064-379	357-000-223	357-050-223	G1" (BSP) LH								
1 1/4"	525-000-001	525-097-043	527-000-001	527-050-001	1 1/4" NPT RH	3 3/8"	7 3/8"	9 3/8"	2 3/8"	1 1/2"	1 1/4"	1 3/8"	5 1/4"
	525-000-002	525-097-044	527-000-002	527-050-002	1 1/4" NPT LH								
	525-000-026	525-097-095	527-000-026	527-050-026	1 1/4"-12 UN RH	3 3/8"	7 3/8"	9 3/8"	2 3/8"	1 1/2"	1 1/4"	1 3/8"	4 3/4"
	525-000-027	525-097-096	527-000-027	527-050-027	1 1/4"-12 UN LH								
	525-000-054	525-097-122	527-000-054	527-050-054	G1 1/2" (BSP) RH	90.5	191	234	54	27	30.2	44.5	119
	525-000-055	525-097-123	527-000-055	527-050-055	G1 1/2" (BSP) LH								
1 1/2"	555-000-001	555-033-154	557-000-001	557-050-001	1 1/2" NPT RH	4 1/8"	8 3/8"	10 3/8"	2 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	2 1/8"	6"
	555-000-002	555-033-160	557-000-002	557-050-002	1 1/2" NPT LH								
	555-000-395	555-033-399	557-000-395	557-050-395	2"-12 UN RH	4 1/8"	8 3/8"	10 3/8"	2 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	2 1/8"	5 3/8"
	555-000-396	555-033-382	557-000-396	557-050-396	2"-12 UN LH								
	555-000-198	555-033-288	557-000-198	557-050-198	G1 3/4" (BSP) RH	108	225	268	71	29	35	54	147
	555-000-199	555-033-289	557-000-199	557-050-199	G1 3/4" (BSP) LH								
2"	655-500-116	655-502-116	657-000-116	657-050-116	2" NPT RH	4 3/8"	10 3/8"	11 3/8"	3"	1 1/2"	1 1/4"	2 1/4"	7"
	655-500-117	655-502-117	657-000-117	657-050-117	2" NPT LH								
	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

[†] 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.

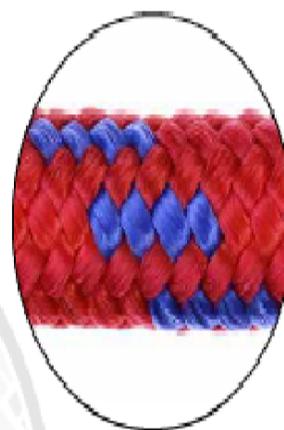
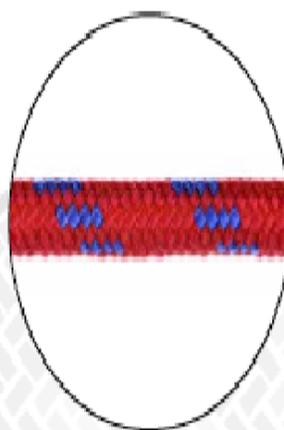
ANEXO 12



**ABASTECEDORA
INDUSTRIAL TEXTIL**

**PIOLA
PALOMO**

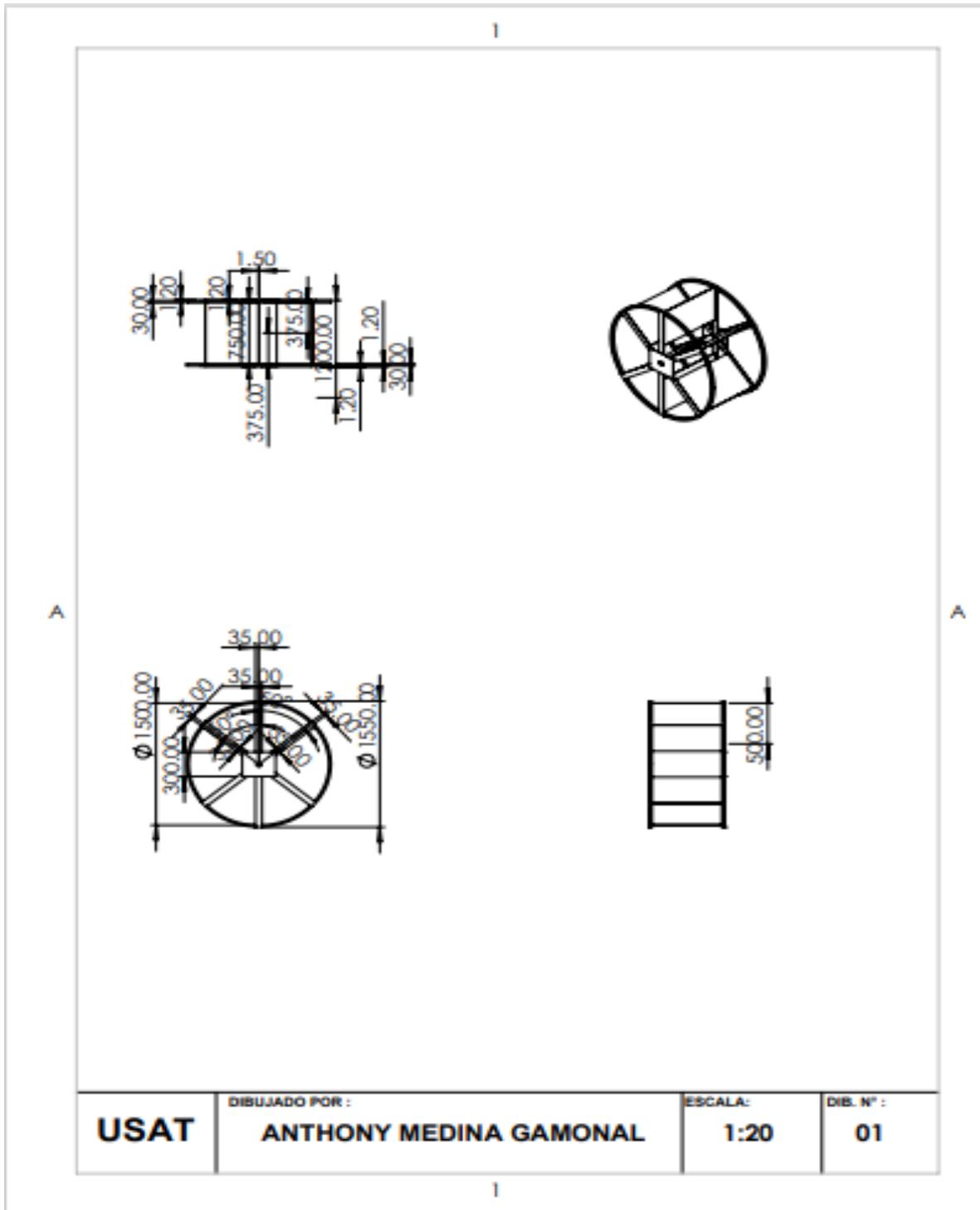
www.abcindustrialtextil.com.mx
ventas@abcindustrialtextil.com.mx
01 (55) 5120-0799
(55) 6268 3751
(55) 3620-7156

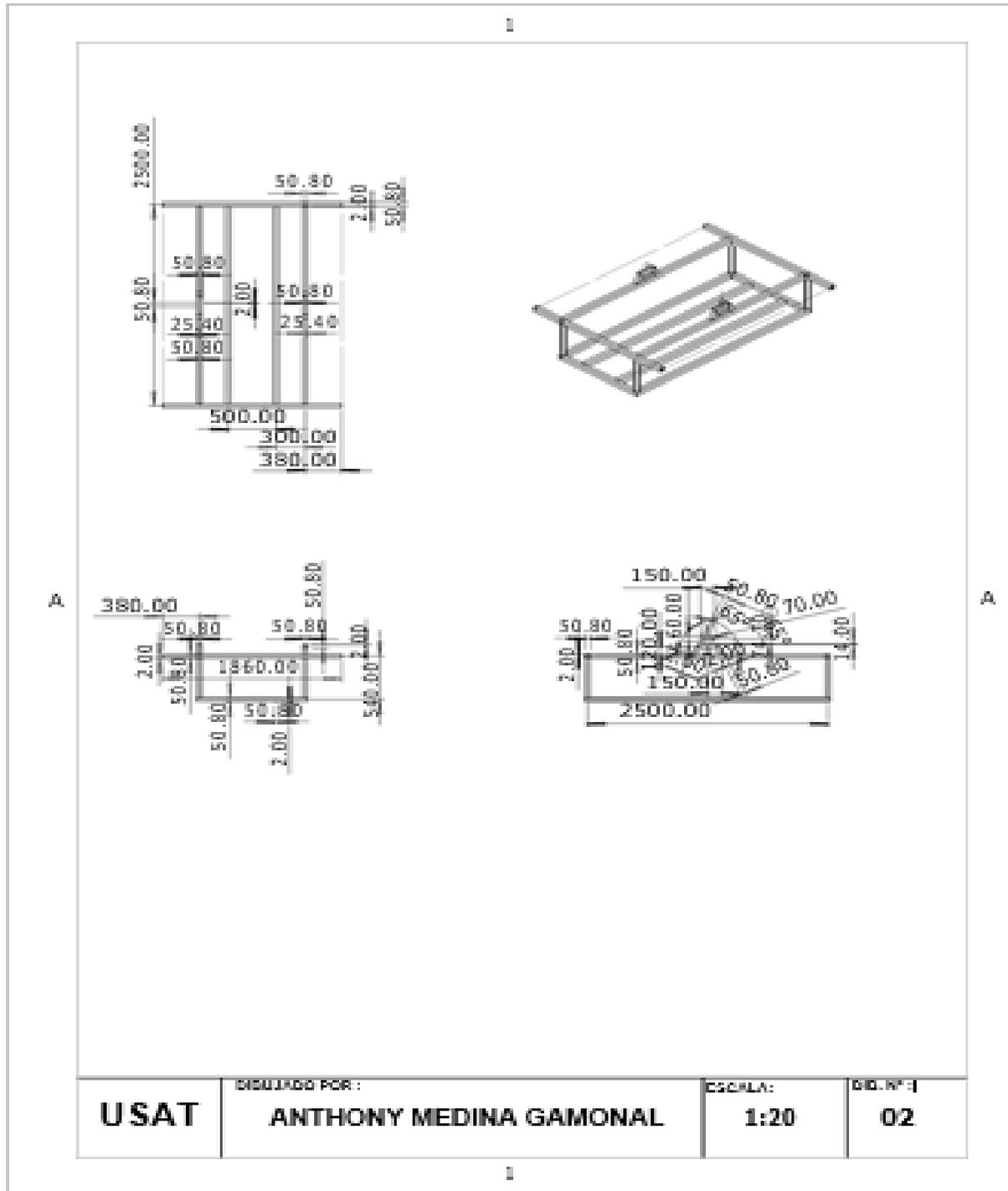


Díámetro Ø [mm]	Fuerza de rotura [daN]	Peso [kg/m]	Trenza
2 mm	82	0,002	12/16 ¹
3 mm	123	0,004	12/16 ⁸
4 mm	180	0,009	16
5 mm	244	0,013	16
6 mm	470	0,016	16
8 mm	750	0,032	16/24 ⁸
10 mm	1240	0,046	16/24 ⁸
12 mm	1415	0,056	16/24 ¹
14 mm	1640	0,091	16/24 ⁸
16 mm	1880	0,120	16/24 ¹
10 mm	2560	0,142	16/24 ⁸
20 mm	3420	0,150	16/24 ¹

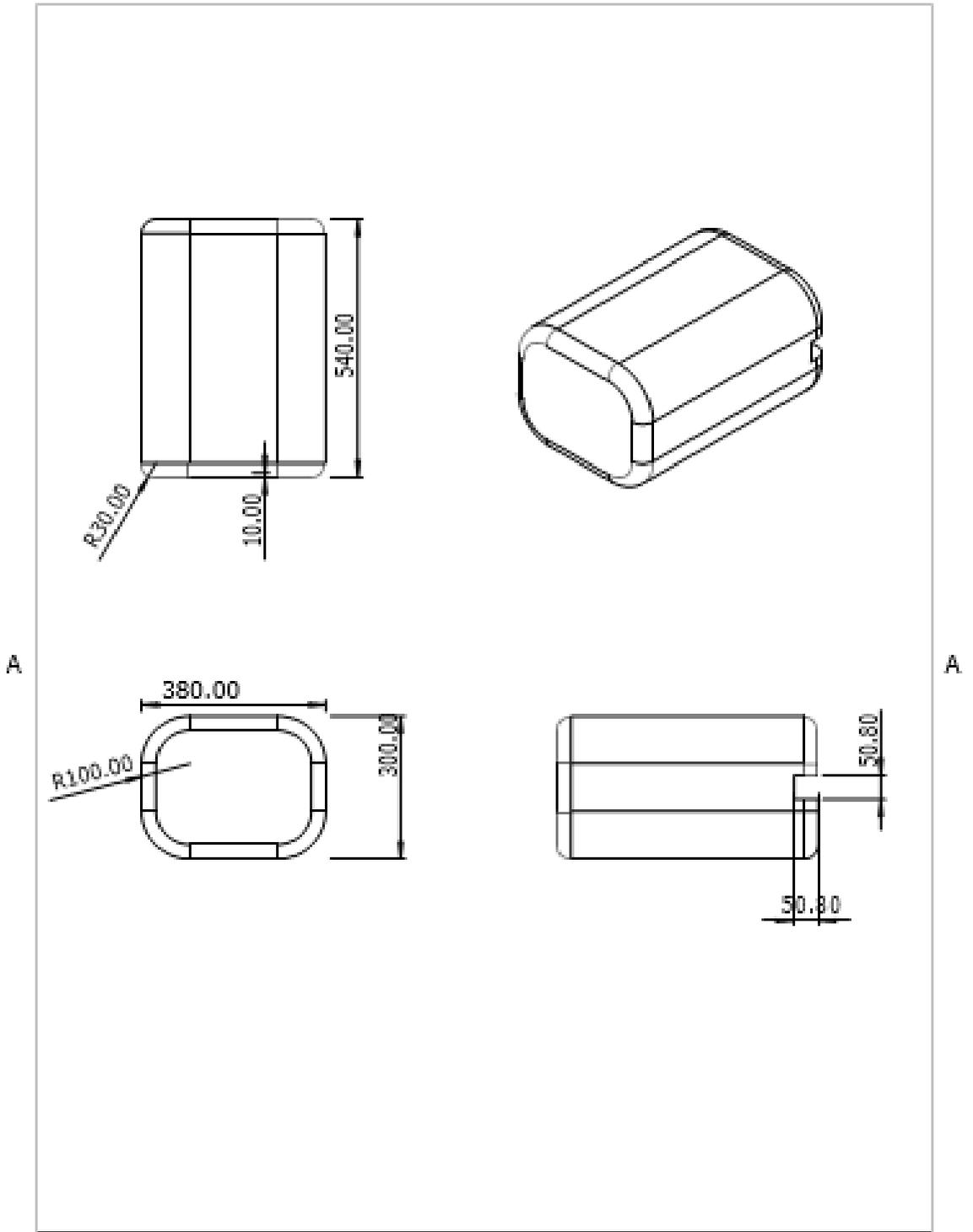
ANEXO 13**Tabla:** Lista de planos

Numero de plano	Nombe	Fecha
A4-01	Rueda	Jun-22
A4-02	Chasis	Jun-22
A4-03	Flotadores	Jun-22
A4-04	Manguera enrollada	Jun-22
A4-05	Eje	Jun-22
A4-06	Cuerda	Jun-22



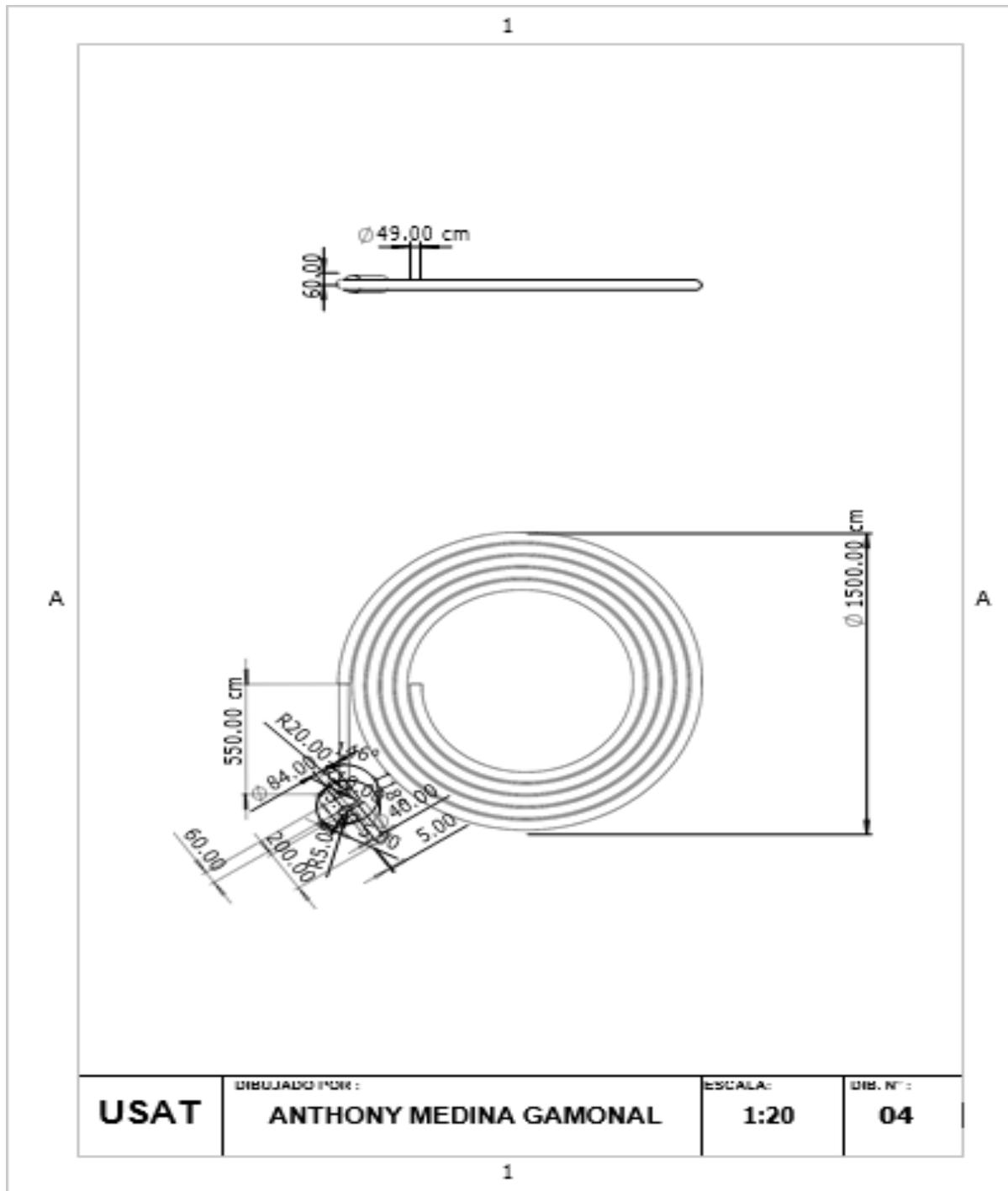


1



<p>USAT</p>	<p>DIBUJADO POR: ANTHONY MEDINA GAMONAL</p>	<p>ESCALA: 1:20</p>	<p>DIB. N°: 03</p>
--------------------	--	--------------------------------	-------------------------------

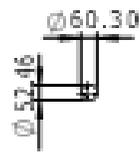
1



1

A

A



USAT	DIBUJADOR (PTE): ANTHONY MEDINA GAMONAL	ESCALA: 1:20	DIB. N°: 05
-------------	---	------------------------	-----------------------

1

