



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS

CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA
IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN
IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017

PARA OPTAR EL TÍTULO DE **INGENIERO AGRÍCOLA**

EJECUTORES

Bach. WALTER ENRIQUE CASTRO SEMINARIO

Bach. JULIO YEYSON MARTINEZ OVIEDO

ASESOR

Dr. NAPOLEÓN PUÑO LECARNAQUÉ

TUMBES – PERÚ

2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los abajo firmantes declaran que los resultados reportados en esta tesis, son producto de nuestro trabajo con el apoyo permitido de terceros en cuanto a su concepción y análisis. Asimismo, declaramos que hasta donde sabemos no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de citas y con propósitos exclusivos de ilustración o comparación. En este sentido, afirmamos que cualquier información presentada sin citar a un tercero es de nuestra propia autoría. Declaramos, finalmente, que la redacción de esta tesis es producto de nuestro trabajo con la dirección y apoyo de nuestro asesor de tesis y nuestro jurado calificador, en cuanto a la concepción y al estilo de la presentación o a la expresión escrita.

Los presentes:

BACH. CASTRO SEMINARIO, WALTER ENRIQUE.

EJECUTOR

BACH. MARTINEZ OVIEDO, JULIO YEYSON.

EJECUTOR

CERTIFICACIÓN

Dr. Ing. Napoleón Puño Lecarnaqué

Docente Principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola y Suelos.

CERTIFICA:

Que la presente tesis:

CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017, elaborada por los bachilleres en ingeniería agrícola: Walter Enrique Castro Seminario y Julio Yeyson Martínez Oviedo, ha sido asesorada y revisada por mi persona.

Tumbes, 05 de Diciembre de 2017

Dr. Ing. Napoleón Puño Lecarnaqué
Asesor del Proyecto de Tesis

TESIS

CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017

RESPONSABLES

BACH. CASTRO SEMINARIO WALTER ENRIQUE

EJECUTOR

BACH. MARTINEZ OVIEDO JULIO YEYSON.

EJECUTOR

DR. PUÑO LECARNAQUE NAPOLEÓN.

ASESOR

TESIS

CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017

JURADO DICTAMINADOR

Dr. Ing. CARRILLO SARANGO JOSÉ MODESTO _____
PRESIDENTE

Dr. Ing. GINÉS TAFUR EBER _____
SECRETARIO

DR. Ing. MACEDA NICOLINI ENRIQUE ANTONIO _____
VOCAL



FORMATO

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS

Fecha de entrega.../.../...

1.- IDENTIFICACION PERSONAL (Solo los datos de uno de los autores)

Apellidos y Nombres: CASTRO SEMINARIO WALTER ENRIQUE

DNI: 74447497 Correo Electrónico: Castro.Walter@hotmail.com

Nº de Matricula del alumno: 120162121 Telefono: 975362267

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Escuela Académico Profesional: de Ingeniería Agrícola

Título Profesional o Grado obtenido:

BACHILLER

Autor (es): WALTER ENRIQUE CASTRO SEMINARIO


JULIO YEYSON MARTINEZ QUIEDO

Asesor: Dr. NAPOLEÓN PUÑO LECARNAQUE

Título de la Tesis: "CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE I...

ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA
DEL RIO TUMBES 2013"

Fecha de Firma de Autorización:.../.../...


Firma del autor que autoriza
DNI: 74447497

FORMATO

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS

Fecha de entrega 11/12/2017

1.- IDENTIFICACION PERSONAL (Solo los datos de uno de los autores)

Apellidos y Nombres: MARTINEZ ONTEDO JULIO JEYSON
DNI: 72453158 Correo Electrónico: JEYSON.MARTINEZ19@hotmail.com
Nº de Matriculía del alumno: 120338121 Teléfono: 934284012

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Escuela Académico Profesional: INGENIERIA AGRICOLA

Título Profesional o Grado obtenido:

BACHILLER

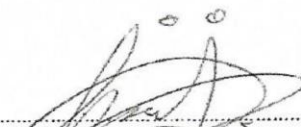
Autor (es): CASTRO SEMINAREO WALTER

MARTINEZ ONTEDO JULIO

Asesor: DR. NAPOLEON PUÑO LECARNAQUE

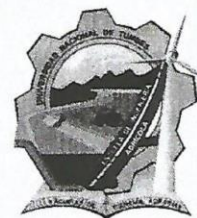
Título de la Tesis: "CONSTRUCCION DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA
IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CAVAJ MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017"

Fecha de Firma de Autorización: 11/12/2017


Firma del autor que autoriza
DNI: 72453158



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGRÍCOLA
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARÍA ACADÉMICA
TUMBES - PERU



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

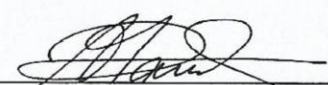
En Tumbes, a los ...ONCE.....día del mes de NOVIEMBRE de dos mil diecisiete, se reunieron en aula virtual N° 02 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del jurado designados según Resolución Decanal N° 092-2017/UNTUMBES-FCA (12/05/2017) y Resolución Decanal N° 0155-2017/UNTUMBES-FCA (15-08-2017) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: "**CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES - 2017**", para optar el Título de Ingeniero Agrícola.

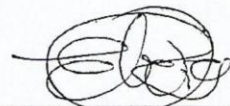
A las...NUEVE..... horas con...TRICENTA..... minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

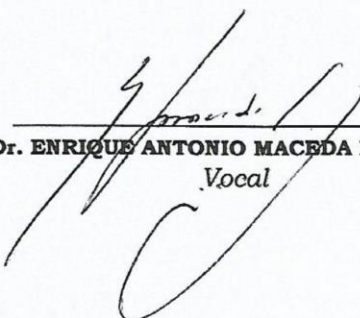
Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon ...APROBADO..... por UNANIMIDAD con el calificativo de ...M.V.J. BUENO.....

Por lo tanto los Bachilleres, **CASTRO SEMINARIO WALTER ENRIQUE** y **MARTINEZ OVIEDO JULIO YEYSON**, queda apto para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de Ingeniero Agrícola de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las...DEZ..... horas con...TRICENTA..... minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.


Dr. JOSE MODESTO CARRILLO SARANGO
Presidente


Dr. EBER GINÉS TAFUR
Secretario


Dr. ENRIQUE ANTONIO MACEDA NICOLINI
Vocal

DEDICATORIA

Dedico la presente Tesis:

En primer lugar, a DIOS, pues reconozco que la sabiduría viene de él y que todo esfuerzo será siempre bien recompensado.

A mis padres WALTER CASTRO PACHERRES Y SANTOS SEMINARIO CORDOVA con mucho amor y cariño quienes me dieron la vida, por su constante apoyo y comprensión en el desarrollo de mi carrera profesional, por ser la razón más poderosa para continuar con mi superación personal y profesional. Este sueño alcanzado más que mío es de ustedes, porque fueron los únicos que creyeron en mí y me animaron siempre para lograr esta meta.

A mis queridas hermanas CECILIA Y KATIA, porque siempre estuvieron pendientes a cada paso en mi carrera universitaria, guiándome, dándome aliento para continuar en esta larga travesía de mi carrera profesional, por estar presentes en momentos donde un consejo fue vital en la toma de una decisión y porque siempre están a mi lado dispuestas a ayudarme brindándome su amor y cariño.

A mis grandes DOCENTES cuyas palabras aún siguen enseñando con el paso del tiempo.

A mis FAMILIARES Y AMIGOS quienes de una u otra forma me brindaron su apoyo y guiaron para llegar hasta el final de mi propósito... Dios los bendiga.

Bach. Walter Enrique Castro Seminario

DEDICATORIA

Dedico la presente Tesis:

A mi madre FRANCISCA DEL ROSARIO OVIEDO SILVA con amor y cariño, por siempre confiar en mí y demostrarme la felicidad que ha sentido cada vez que he logrado alcanzar un objetivo a lo largo de mi carrera profesional.

A mi hermanita MELANIE ANTONELLA MORALES OVIEDO por sus ganas de querer ayudarme ya que a su corta edad era muy peligroso.

A todas las personas que me apoyaron y dedicaron su tiempo, esfuerzo y dedicación para poder avanzar en cada etapa de la construcción de la bomba de espiral.

A todas las personas que no creyeron en mí, demostrándoles que es malo rendirse sin antes luchar por cumplir las metas planeadas.

Bach. Julio Yeyson Martínez Oviedo

AGRADECIMIENTOS

Los autores de la presente tesis “CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017”, en primer lugar, agradecemos a DIOS por otorgarnos, la salud, inteligencia y Perseverancia para poder lograr nuestra meta propuesta. También Agradecer hoy y siempre a nuestros PADRES por el esfuerzo realizado por ellos.

Así mismo, agradecemos a las siguientes personas que aportaron su granito de arena para la consecución de este trabajo:

Al **Dr. Ing. Napoleón Puño Lecarnaqué**, Asesor de la tesis, por su interés en nuestra investigación, por creer en nuestro trabajo y por sus valiosos aportes y sugerencias.

A nuestro **Jurado**, por sus intervenciones y observaciones para el buen desarrollo de la tesis, y por sus valiosos aportes y sugerencias.

A nuestro amigo **Edwin Adrián Polo Yengle**, por el apoyo con sus soportes para nuestra bomba y por las veces que cordialmente estuvo dispuesto a ser parte del equipo de campo y del equipo técnico de construcción de la bomba de espiral.

A nuestros amigos: **Cristian Abarca Silva, Christian Omar Sanjinéz Davis**, por su apoyo en la movilidad de nuestra bomba de espiral al lugar de las pruebas y por ser parte del equipo técnico de construcción de la bomba de espiral.

A nuestros amigos: **Arnold Jhair Feijoo Baca, Reyner Edú Marchan Peña, Iván Abarca Medina, Christian Lluen Camacho**, y demás compañeros de la escuela profesional de ingeniera agrícola que de alguna u otra forma contribuyeron en la realización de esta tesis y por las veces que cordialmente estuvieron dispuestos a ser parte del equipo de campo y del equipo técnico de construcción de la bomba de espiral.

A todas las personas que nos apoyaron en los talleres de torno y soldadura, ya que nos colaboraron y nos facilitaron todo en la construcción de la bomba de espiral.

RESUMEN

La presente investigación “CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO DEL CANAL MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES 2017”, tiene como propósito demostrar que es posible diseñar y construir bombas de espiral accionadas con la energía hidráulica y poder impulsar agua a pequeñas alturas y sirva para el uso de la familia rural. Para ello se planteó una investigación de tipo aplicada-tecnológica y un tipo de diseño experimental-observacional usando como población todas las bombas que existen en la zona de estudio de alrededor de 250 y como muestra 2 diseños de bombas de espiral expuestas en la presente investigación, se hizo uso del método científico inductivo para la obtención de resultados.

Se diseño una bomba para impulsar una altura de 10.36 metros usando 8 espiras, con un diámetro de 1,40 metros de la primera espira, accionada con 8 paletas de 0.20m*0.30m. La bomba de espiral fue construida con materiales accesibles en la región evaluando un impulso promedio de 5.6 metros de altura e impulsar en promedio de 7.26 litros/minuto, accionando la bomba 13 revoluciones/ minuto.

PALABRAS CLAVE: Bomba de Espiral, Agua de Riego, Canales de Riego

ABSTRACT

The present investigation “CONSTRUCTION OF A SPIRAL PUMP TO DRIVE THE WATER OF IRRIGATION OF THE MARGIN LEFT CHANNEL OF THE TUMBES RIVER 2017” has as purpose to demonstrate that it is possible to design and build spiral pumps driven with hydraulic energy and to be able to drive water at small heights and serve for the use of the rural family. To this end, an applied-technological type of research and a type of experimental-observational design were proposed, using as a population all the pumps that exist in the study area of around 250 and as shown by 2 spiral pumps exposed in the present investigation. He made use of the inductive scientific method to obtain results.

A pump was designed to drive a height of 10.36 meters using 8 turns, with a diameter of 1.40 meters from the first turn, operated with 8 pallets of 0.20m * 0.30m. The spiral pump was built with accessible materials in the region evaluating an average impulse of 5.6 meters high and boosting on average 7.26 liters / minute, operating the pump 13 revolutions / minute.

KEYWORDS: Spiral Pump, Irrigation wáter, Irrigation channels.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
CONTENIDO.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMATICA.....	2
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4. HIPÓTESIS	5
1.5. OBJETIVOS	5
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS.....	10
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS.....	18
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
3.1. UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	21
3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.....	23
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	24
3.3.1. POBLACIÓN	24
3.3.2. MUESTRA.....	24
3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	24
3.4.2. MATERIALES	25
3.4.3. EQUIPOS.....	26

3.5.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	26
3.5.3.	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	34
3.5.5.	CONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA DE PRUEBA.....	39
IV.	RESULTADOS.....	46
V.	DISCUSIÓN	52
VI.	CONCLUSIONES	55
VII.	RECOMENDACIONES.....	56
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	57
IX.	ANEXOS.....	60
9.1.	PANEL FOTOGRÁFICO.....	60

I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento del agua a nivel mundial es un problema grave para la población campesina, la cual es limitada en el uso de este recurso para su desarrollo personal y agropecuario.

El uso de agua a nivel mundial en riego tiene un uso mayor y el más deficiente, por la pérdida de hasta el 70% de agua en el transporte por lo que actualmente, la agricultura por escasez de agua no está en condiciones de competir económicamente con otras fuentes de economía.

El Perú tiene gran riqueza hidrográfica, la cual es explotada y aprovechada irresponsablemente ocasionando un incremento desmedido de los costos operativos en el sector agropecuario ya que utilizan bombas eléctricas o motores de combustión para impulsar el agua desde los ríos o canales.

En la región de Tumbes utilizan bombas eléctricas y/o motores de combustión para aprovechar el agua desde el río y/o canales para ser utilizada en zonas con cotas superiores afectando la economía de los usuarios; el costo promedio para impulsar el agua a esas zonas es de s/. 35 (soles) por hora, generando un problema económico.

El diseño y construcción de la bomba de espiral permitirá impulsar el agua necesaria para los agricultores en la región Tumbes, obteniendo un bajo costo en el mantenimiento para los usuarios, ya que solo dependerá del material utilizado y la energía cinética del agua, teniendo una justificación socio-económica, porque a través de esta tesis no estarán expuestos a perjuicios económicos.

La Construcción de la bomba de espiral impulsa en forma significativa el agua de riego a zonas con cotas superiores a las que se encuentra el Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes.

La presente investigación tuvo como finalidad diseñar y construir una bomba de espiral para evaluar el impulso del agua de riego del Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes, teniendo como objetivos específicos: diseñar una bomba de espiral, construir una bomba de espiral, evaluar el impulso del agua de riego a diferentes alturas y determinar la factibilidad del uso de una bomba de espiral para impulsar el agua de riego técnica – económica.

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

A nivel mundial, los recursos no renovables tales como energéticos e hídricos son de carácter limitado; por lo cual, es necesario la racionalización o el desarrollo de otras fuentes de energía renovables, tales como las energías: hidráulica, eólica y solar, las cuales benefician al hombre.

En España, el uso del recurso hídrico es cada vez más costoso, por ser explotación de un recurso no renovable; Según la Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España, en los últimos diez años los precios de la energía en regadío se han incrementado en un 100%, lo que genera un problema considerable para los agricultores de este sector. (Innovagri, s.f.)

La distribución en porcentajes del uso de agua a nivel mundial es: el 73% para uso agrícola, 20% para la industria y 7% para el uso doméstico. Siendo el riego el uso de mayor magnitud y tal vez el más deficiente, por la pérdida de hasta el 70% del agua en el transporte. (Visscher, 1996)

En la actualidad, la agricultura por la escasez de agua no está en condiciones de competir económicamente con otras fuentes de economía. Las empresas administradoras del recurso hídrico distribuyen mayor porcentaje de agua a las ciudades e industrias, ya que estas generan mayor rentabilidad por unidad de agua que el sector agrícola. Por primera vez en la historia de muchos países, la agricultura está obligada a ceder agua a las ciudades e industrias. En algunas zonas donde el recurso hídrico era gratuito para los agricultores, en la actualidad deben pagar por este recurso, incluido el costo total de su suministro; mientras que otras zonas, existen leyes que exigen a los agricultores el pago por la contaminación de los ríos, lagos y acuíferos.

El Perú tiene gran riqueza hidrográfica, la cual es explotada y aprovechada irresponsablemente; tal es así, que en lugares con desniveles geográficos muy proporcionados tiene escasez de este recurso; además un incremento desmedido de los costos operativos en los sectores agrícola como ganadero, ya que utilizan bombas eléctricas o motores de combustión para transportar el agua desde los ríos o canales.

En la región de Tumbes, existen sectores que utilizan bombas eléctricas o motores de combustión para aprovechar el agua desde el río o canales para ser utilizada en el sector agrícola o ganadero; por ejemplo, en el sector agrícola ubicado en el centro poblado Realengal en las coordenadas UTM de ubicación:

Norte : 9601054.965 metros.

Este : 558877.813 metros.

Los terrenos agrícolas se encuentran en alturas superiores al Canal troncal de Irrigación de la Margen Izquierda del Río Tumbes, por lo que es necesario utilizar bombas eléctricas o motores de combustión para aprovechar el agua para riego, afectando la economía de los usuarios; el costo para bombear el agua es de s/. 35 (soles) por hora, generando un problema económico para los usuarios debido a sus escasos recursos económicos. La alternativa para este sector es la implementación de un sistema de abastecimientos de agua por medio de bombas accionadas por fuentes de energía cinética del mismo recurso hídrico.

Este proyecto, permitirá diseñar una bomba de espiral, buscando satisfacer el abastecimiento del agua a las zonas con cotas superiores a las que se encuentra el Canal Margen Izquierda Tumbes, y mejorar la productividad agropecuaria y a la vez poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Agrícola.

La bomba en espiral por ser un dispositivo autosustentable, que utiliza la energía cinética del caudal del recurso hídrico para su funcionamiento y transporte de agua a varios metros en terrenos más altos que el nivel del río o canal de agua, es una alternativa eficaz por el bajo costo en su implementación y funcionamiento, la cual debe ser profundamente investigada y lograr su optimización.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Ante esta situación problemática se planteó la siguiente interrogante:

¿El diseño y construcción de una bomba de espiral puede impulsar el agua de riego del Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El motivo de esta investigación es el de diseñar y construir una bomba de espiral, la cual beneficiará a la población del sector agrícola en la región Tumbes; mediante la bomba de espiral se podrá irrigar los terrenos que han tenido deficiencia en la producción por ausencia del recurso hídrico.

El diseño y construcción óptimo de una bomba de espiral permitirá impulsar el nivel de agua necesario para los agricultores en la región Tumbes, obteniendo un bajo costo en el mantenimiento para los usuarios, ya que solo dependerá del material utilizado y la energía cinética del agua del río o canal; además, sectores alejados y con cotas superiores del nivel del agua podrán acceder a dicho recurso y maximizar su producción.

La presente investigación se justifica en la práctica porque sus resultados permitirán tener un sistema de bombeo de agua, utilizando energía renovable. También se justifica metodológicamente, porque sus instrumentos técnicos de observación, diseño, etc., serán validados y confiables, los cuales podrán ser utilizados en otras investigaciones.

Finalmente, tiene una justificación socio-económica, porque a través de este proyecto de investigación se mejorará la calidad de vida de la población y de este modo no estará expuesta a perjuicios económicos porque los costos de operación y mantenimiento disminuirán.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La Construcción de una bomba de espiral impulsa en forma significativa el agua de riego a zonas con cotas superiores a las que se encuentra el Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- 1) Es posible impulsar el agua a una cota superior del Canal Margen Izquierda del Rio Tumbes diseñando una bomba de espiral.
- 2) La construcción de una bomba de espiral permitirá impulsar el agua a una cota superior del Canal Margen Izquierda del Rio Tumbes.
- 3) La bomba de espiral impulsa el agua a una cota superior del Canal Margen Izquierda del Rio Tumbes.
- 4) El costo de construcción de la bomba de espiral es adecuado para satisfacer las necesidades agropecuarias.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir una Bomba de Espiral para evaluar el impulso del agua de riego del Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- 1) Diseñar una bomba de espiral
- 2) Construir una bomba de espiral
- 3) Evaluar el impulso del agua de riego a diferentes alturas.
- 4) Determinar la factibilidad del uso de una bomba de espiral para impulsar el agua de riego Técnica – Económica.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.

2.1. ANTECEDENTES

(Reese, 1819). La primera referencia que aparece en la bibliografía sobre la construcción de una bomba basada en la construida anteriormente por Arquímedes, data del año 1748, año en el que Andrew Wirtz un peltrero suizo, construyó un artilugio sencillo para proporcionar agua a una tintorería a las afueras de Zúrich. En éste enrollaba una tubería en espiral y conectaba su extremo interior a un tubo rígido que servía tanto de eje de giro como de tubería de descarga. Este prototipo fue ideado de manera que, en cada revolución de la espiral, la toma recogía la mitad del volumen del bucle más externo.

(Morgan, 1979). El Dr. Peter R. Morgan también desde el desconocimiento de las invenciones anteriores de Wirtz y Belcher ideó una bomba muy semejante a la bomba original de Wirtz con materiales más modernos. Tras cerciorarse mientras cambiaba una instalación de gas de la capacidad de una manguera en espiral para expulsar un fluido al hacerla girar, decidió construir un pequeño prototipo de bomba en la Estación de Investigación Henderson (Zimbabue), que consistía en una pequeña noria de 2 m de diámetro a la que fijó una tubería de 20 m y 25 mm de diámetro, consiguiendo levantar desde un pequeño canal hasta un depósito cercano 1,3 litros en cada revolución.

Tras el éxito del prototipo a finales del mismo año se lanzó a construir una bomba mayor, la cual estaba formada por una noria de 4 metros de diámetro accionada con 16 paletas de 600 x 600 mm, a la que unió dos tubos de polietileno de 50 mm formando 3 espirales cada uno, los cuales recogían el agua en cada revolución. El agua pasaba por el interior de las espirales y se bombeaba a través del eje hueco de la noria a una tubería de impulsión. Esta bomba se montó sobre un canal del río Mazowe en Zimbabue y fue capaz de bombear 4752 litros de agua por hora a una altura igual a la del eje de la noria y 3697 litros/hora a una altura de 8 metros sobre el nivel del agua, con una velocidad de giro de 4,2 Rev. /min y 3,21 Rev. /min respectivamente. Esta bomba se reemplazó por una réplica hecha con materiales más resistentes y sigue todavía funcionando.

(Terán, 2012). En su investigación: *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS DE ESPIRAL 2012”*.

El Banco de pruebas para bombas de espiral es un equipo de laboratorio diseñado para evaluar el comportamiento, desempeño y eficiencia de bombas de espiral las mismas que fundamentalmente consisten en una manguera enrollada con paletas de tal manera que al rotar ingresan por la boca tramos de agua y aire; el aire es comprimido con el agua en cada espira y a la salida se obtiene una presión tal que logra elevar el fluido debido a dos principios: la presión hidrostática y el empuje de la burbuja de aire airlift. El equipo está diseñado para que el usuario pueda modificar y graduar fácilmente las diferentes magnitudes y parámetros de diseño de bombas de espiral, para facilitar el estudio de comportamiento de dichas bombas. Dispone de una rueda de grandes dimensiones con el objeto de que al hacer las pruebas arroje resultados confiables y que las tendencias de comportamiento sean apreciables. Además, es totalmente desarmable, portable, robusto, duradero y de fácil uso.

Además, concluye que:

- La velocidad de giro de la rueda y el caudal de descarga tienen una relación directamente proporcional y su gráfica es representada por una línea recta.
- Existe una relación inversamente proporcional entre el caudal de descarga y el número de espiras, lo que tiene lógica ya que, al aumentar espiras, se aumenta la presión, por lo tanto, se disminuye la velocidad del fluido.

(Tailer, 1986). En su Obra: *“THE SPIRAL PUMP”*.

Un primer modelo fue patentado en 1904 por Robinson L. Y Gaylor J. Además, afirma que Peter Morgan del Blair Research Laboratory en Zimbabwe fue probablemente la primera persona en construir una bomba Wirtz luego de que este invento fuese olvidado por más que un siglo, además de haber realizado diversas aplicaciones en varios países en desarrollo. Peter Tailer en *“The Spiral Pump”*, también afirma que en estado del arte se han obtenido alturas de bombeo de hasta 20 metros y caudales de hasta 1500 gal/día, por lo que su desempeño resulta competitivo y con una alta relación costo-beneficio.

(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”.

El presente proyecto tiene la finalidad de implementar una rueda mecánica de 1 metro de diámetro construida en su totalidad de acero inoxidable y dotado de 50 álabes para bombeo de agua desde una vertiente.

En el capítulo I se da una definición de energía hidráulica y la importancia de esta para hacer trabajar la rueda hidráulica, también se estudia la historia de la rueda hidráulica, las ventajas y criterios para la selección de este sistema de bombeo. Se define los tipos de fuente de agua, tales como, aguas subterráneas, se estudia las sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua. Por último, se estudian los materiales a utilizarse en la construcción de la rueda hidráulica.

En el capítulo II se realiza el estudio de alternativas con rueda que utiliza bomba Rochfer, rueda con bomba eléctrica y rueda con impulsor espiral.

En el capítulo III se determinan los parámetros de diseño.

En el capítulo IV se diseña la rueda hidráulica partiendo de la velocidad del agua a la salida del estanque de captación, se determina el caudal, se diseña el rodete, número y dimensionamiento de álabes, diámetro, revoluciones por minuto, velocidad periférica y torque de la rueda.

En el capítulo V se analizan los costos directos e indirectos, costos de materia prima, costos de mano de obra directa e indirecta tanto de la obra civil como de la construcción de la rueda hidráulica. Y finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones y anexos.

(San Miguel & Andrés, 2012). En su investigación: “REDISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO CON ENERGIA NO CONVENCIONAL (BOMBA DE RUEDA)”.

El presente proyecto está orientado al rediseño de la bomba de rueda construida en el proyecto de grado (sistema de bombeo con energía alternativa para la vereda Naranjal Bajo municipio del Socorro), el cual permitirá mejorar el funcionamiento y desempeño de la bomba, ampliando la aplicabilidad de este sistema de bombeo.

Se rediseño del anterior proyecto el sistema de flotación, la válvula (sello rotativo), el sistema de defensa contra impactos con el cual no contaba el anterior proyecto, se diseñó el sistema de ingreso y extracción de la bomba en el cauce del río con mayor facilidad para ponerla a punto o hacerle el mantenimiento requerido, se construyó el sistema de soporte y anclaje el cual permite sujetar a cabalidad la bomba y los posibles impactos que reciba esta por materiales que lleva en su cauce la fuente hídrica evitando la pérdida de la misma, se desarrollaron pruebas y procedimientos para verificar el desempeño y funcionamiento para su mejor análisis, se simuló la operación de la bomba bajo condiciones variantes en MATLAB v 7.0 y la validación de los resultados con algunas pruebas experimentales.

El sistema de bombeo debe proporcionar como mínimo una cabeza de altura de 50 m y un caudal mínimo de 10 L/min.

(Scribd, s.f.). En su artículo publicado: “(BOMBA DE ESPIRAL)”.

Los tubos en espiral, se fija a la rueda de manera que los tubos en espiral girar la rueda se gira. El colector de agua conectado con el extremo exterior de la espiral de tubo de tragos en una buena cantidad de agua que pasa por el canal, y dicta la presente en el tubo en espiral que se eleva por encima del canal. Este núcleo de agua pasa a través de la espiral seguido por un núcleo de aire a medida que gira la rueda. Una nueva base de agua se forma en todas las revoluciones, y un nuevo núcleo de aire. Así, una serie de núcleos de agua y el aire se forman dentro de cada tubo en espiral que gira la rueda. Ambos tubos en espiral entregar su agua y aire en el eje de la rueda y no se abrió a través de un sello de agua a un tubo estático en aumento, que suministra agua al depósito de cabecera.

Cuando la rueda gira en una carga de presión se desarrolla dentro de cada bobina del tubo en espiral, el agua en las bobinas de aumento es más alta que en las bobinas descendente. Estos núcleos de agua en el tubo en espiral comprimir el aire entre ellos en su viaje alrededor de la espiral y el agua y el aire son expulsados a presión en el eje. El flujo de agua por la tubería estática va en aumento también se aceleró por el escape de aire comprimido y la ampliación de la toma en el eje de la rueda. Este efecto también ayuda a elevar el agua al depósito de cabecera.

(Pellicer, 2014). En su investigación: “CONSTRUCCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO DE APLICACIÓN DE UNA BOMBA DE BOBINA PARA RIEGO DE UNA FINCA AGRÍCOLA”

A continuación, en estas páginas se va a hablar sobre una bomba sencilla, pero a su vez ingeniosa. A esta bomba se le han dado muchos nombres durante el transcurso de la historia, es conocida en diferentes sitios y por diferentes estudiosos como bomba manométrica, bomba de espiral, bomba de bobina, bomba de barril, bomba hidrostática, etc. Esta bomba utiliza la energía cinética de una corriente de agua para mover su propia estructura haciéndola girar para captar el agua que va a ser bombeada a través de su espiral o bobina hacia un punto de impulsión.

Como proyectos antecesores a este, queremos fomentar el uso de bombas no convencionales accionadas con energías alternativas a la eléctrica y a la de combustibles fósiles, con la intención de reducir el impacto ambiental en la medida que se pueda, y permitir el bombeo en aquellas zonas donde estos recursos no son fáciles de conseguir, pero sin embargo existe unos recursos naturales potenciales que pueden ser aprovechados, si se da con la manera correcta de hacerlo.

2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS.

BOMBA DE CARACOL DE ARQUÍMEDES

(Hoffman, 2002). En el 2002 Hoffman reviso la historia de la bomba de rueda para señalar las contribuciones a través de los años. Una idea muy antigua de una simple bomba fue desarrollada por Arquímedes (287 a.c.-212 a.c.) cuyo nombre fue “la bomba de caracol de Arquímedes”.

(Wikipedia, Espiral de Arquímedes, s.f.). La espiral de Arquímedes (también espiral aritmética) obtuvo su nombre del matemático griego Arquímedes, quien vivió en el siglo III A.C. Se define como el lugar geométrico de un punto moviéndose a velocidad constante sobre una recta que gira sobre un punto de origen fijo a Velocidad Angular constante.

BOMBA HIDROSTÁTICA

(Dibwe, 1978). Realizo un estudio experimental de la bomba, bajo el nombre de hydrostatic pump. Construyó la bomba con dos cojinetes de madera que mantenían el eje de tubería de acero sobre el que se montó la bobina. La bomba fue accionada a mano por una manivela sin engranajes. Se probaron diámetros de tubo de 21 y 28 mm, enrollándolo de 1 a 6 bobinas de 1,05 metros de diámetro; Y además se estudiaron diferentes grados de inmersión de 25% a 45%.

Llegaron a las siguientes conclusiones:

- ✓ La elevación máxima aumentaba a mayor número de bobinas y a menor velocidad de entrada.
- ✓ La disminución de la inmersión de la bobina producía elevaciones máximas más altas, pero por supuesto la columna de salida tenía una mayor proporción
- ✓ Se obtuvo una elevación máxima de aproximadamente 6 metros.

BOMBA DE A. BELCHER

(Belcher, 1990). Este inventor redactó en 1973 un documento inédito distribuido a personas de su confianza, en el cual se describía el funcionamiento de la bomba hidrostática como era conocida en aquella época. Belcher también persiguió teorías y suposiciones que apoyaban la presencia de un par el cual, en concordancia con las leyes de la física, tenía que ser producido por la altura de agua que se estaba bombeando. Por lo tanto Belcher trabajó en el desarrollo de ecuaciones matemáticas para predecir con precisión el par resultante para una altura y configuración conocida de la bobina y gracias a la aparición de un instrumento de medida de presión llamado Manómetro de anillo de balanceo, y más concretamente gracias a las ecuaciones asociadas con este, permitió finalmente a Belcher desarrollar esta demostración matemática, así como darle los medios para el cálculo del par en relación a la altura de descarga o presión.

BOMBA DE BOBINA O DE ESPIRAL.

(Reese, 1819). En el libro “las ciencias y las artes” cuyo autor es Reese escrito en 1819, describió una idea similar simple para esta bomba inventada por Andrew Wirtz en 1748. En principio la tubería se enrollaba y se conectaba a un tubo rígido que sirve como eje de transmisión como tubo de descarga, cuando la bomba gira el agua se eleva a un nivel más alto por encima del nivel que se toma el agua. Este prototipo tiene mejor comportamiento que el diseño que desarrollo Arquímedes.

(Rudolf, 1975). También Ohlemutz Rudolf de la Universidad de California desde 1975 ha presentado varias aplicaciones de la bomba de espiral.

Este invento consiste fundamentalmente en una manguera enrollada de tal manera que al rotar ingresan por la boca tramos de agua y aire. El aire es comprimido con el agua de cada espira y a la salida se obtiene una presión tal que logra elevar el fluido debido a dos principios: la presión hidrostática y el empuje de la burbuja de aire.

La bomba de espiral rota gracias al impulso del agua ya que utiliza la energía cinética de un río o acequia, la cual es una fuente energética limpia, gratuita y abundante en nuestro país.

Este dispositivo, se puede construir muy fácilmente, con materiales comunes y rápidamente accesibles y a un costo muy bajo.

El mantenimiento y la reparación pueden ser realizados por personal sin capacitación e incluso puede ser replicado con la simple observación.

(Tailer, 1986). Una bomba de Espiral es un dispositivo útil para transferir agua desde una acequia, río o vertiente hasta un determinado sitio cercano. Este invento consiste fundamentalmente en una manguera enrollada de tal manera que al rotar ingresan por la boca de manera alternada tramos de agua y aire. El aire es comprimido con el agua en cada espira y a la salida se obtiene una presión tal que logra elevar el fluido debido a dos principios: la presión hidrostática y el empuje de la burbuja de aire. La bomba de espiral rota gracias al impulso del agua transmitido hacia el dispositivo gracias a sus paletas, de tal manera que utiliza la energía cinética de un río o acequia

para funcionar, la cual es una fuente energética limpia y gratuita y no necesita de combustibles fósiles ni energía eléctrica para su funcionamiento.

Cabe recalcar que una vez colocado correctamente el dispositivo, éste tiene un funcionamiento autónomo, sin necesidad de ser impulsado, ni manejado ni operado. Además, este dispositivo, es de construcción muy fácil y económica; y su mantenimiento es muy básico y poco frecuente.

FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ESPIRAL.

(Pellicer, 2014). La bomba se introduce en la corriente de agua que va ser bombeada de tal manera que la tubería en espiral quede sumergida en un porcentaje buscado. La fuerza de la corriente mueve el elemento de accionamiento de la bomba, es decir mueve las palas de la noria o las alas de la hélice. Al girar el elemento de accionamiento, este a su vez transmite el giro a la estructura de la bomba a la cual está unida la tubería en espiral (tambor en la sling-pump o la propia noria en la water-wheel). Este giro de la espiral provoca que su extremo abierto se sumerja en el agua y salga de ella en cada revolución.

(Reese, 1819). Al rotar la bomba en espiral, ingresan por la boca de entrada agua y aire alternadamente, para luego pasar por la manguera enrollada donde el aire es comprimido con el agua en cada espira conforme gira la rueda y a la salida se obtiene una presión tal que logra elevar el fluido debido a dos principios: la presión hidrostática y el empuje de la burbuja de aire.

PARTES ELEMENTALES DE UNA BOMBA DE ESPIRAL.

(Terán, 2012). Anotamos las diferentes partes de una bomba en espiral:

Manguera enrollada: Es el conducto por el cual ingresan agua y aire alternadamente conforme gira el dispositivo. Este se encuentra enrollado formando una rueda de espiras. La espira externa de la rueda está conectada con la boca de entrada y es por ahí donde ingresan al conducto el agua y aire conforme gira la rueda, luego estos fluidos pasan por todo el conducto que se encuentra enrollado hasta llegar a la última espira, la espira interna de la rueda, que está conectada a la articulación hidráulica.

Espiras: Están conformadas por cada vuelta de la manguera enrollada en forma de rueda, y son contadas a partir de la vuelta externa de la rueda hasta la interna, cada una tiene un diámetro diferente, siendo mayor el de la primera y el menor el de la última o interna.

Manguera de descarga: Es el conducto que transporta el fluido desde la articulación hidráulica en la bomba hacia el destino final donde se desea transportar el agua. Esta manguera, a diferencia de la enrollada, no tiene movimiento y se encuentra fija, tendida en el terreno y con dirección hacia el destino deseado para el agua. La longitud de ésta depende de la dimensión de la bomba y de las características del terreno y del lugar de destino del agua.

Articulación Hidráulica: Es un elemento ubicado en el centro de la rueda formada por la manguera enrollada, su función es unir el paso del flujo desde la manguera enrollada que se encuentra girando con la manguera de descarga que se encuentra fija, tendida en el terreno y con dirección hacia el destino final deseado para el agua.

Boca de Entrada: Es una abertura por donde ingresan los fluidos de agua y aire alternadamente conforme gira la rueda y se sumerge en el agua. Está conectado al extremo externo de la manguera enrollada y su función es de captar el ingreso del agua y facilitar un óptimo ingreso hacia la manguera. El diámetro de la boca de ingreso debe ser mayor que el de la manguera y tanto su forma como su longitud pueden variar en función de las características del río, acequia, etc. además de las características de la bomba. Todo en busca de una mayor eficiencia de la bomba.

Paletas: Su función es recibir la fuerza del movimiento del agua del río o acequia para impulsar a la rueda a que gire; es decir, toma la energía cinética del movimiento del agua y la trasfiere a la rueda para que ésta gire. Estas se encuentran distribuidas uniformemente alrededor del borde externo de la rueda y se sumergen al agua conforme gira la rueda. Pueden ser de madera o plástico.

Radios: Estructura: Estos son parte de una estructura de soporte y anclaje de la manguera enrollada cuya única función es sujetar la manguera para que se mantenga enrollada formando una rueda que gira. También a estos radios se pueden sujetar las paletas, articulación hidráulica, etc.

Nivel de agua: Es la línea que forma la superficie del agua del río o acequia. Bajo ésta se sumergirán las paletas ubicadas en la parte inferior de la rueda mientras ésta gira, además de cierto porcentaje de la rueda.

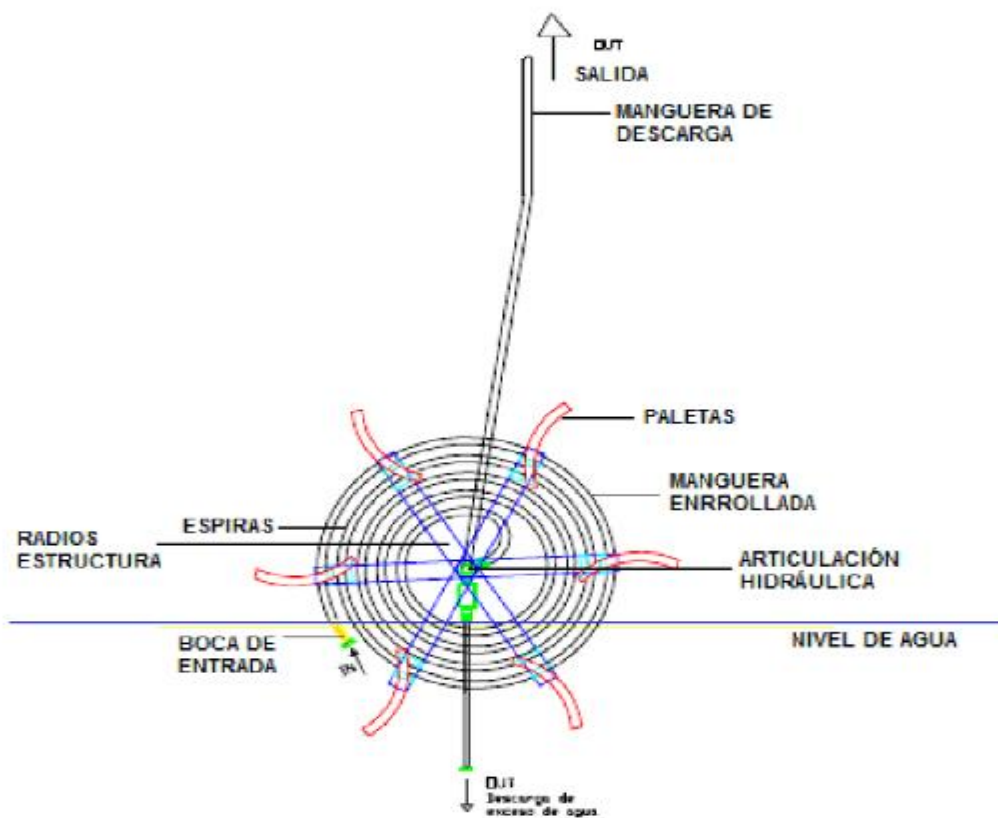


Figura 1. Partes elementales de una bomba de espiral

Fuente: (Terán, 2012)

CANALES ABIERTOS

(Chow, 1994). Un canal abierto es un elemento en el cual fluye un líquido expuesto a una superficie libre, Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica.

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

(Wikipedia, Presión en un fluido, s.f.). Un fluido pesa y ejerce presión sobre las paredes y el fondo del recipiente que lo contiene y sobre la superficie de cualquier objeto sumergido en él. Esta presión, llamada presión hidrostática, provoca, en fluidos en reposo, una fuerza perpendicular a las paredes del recipiente o a la superficie del objeto sumergido sin importar la orientación que adopten las caras. Si el líquido fluyera,

las fuerzas resultantes de las presiones ya no serían necesariamente perpendiculares a las superficies. Esta presión depende de la densidad del líquido en cuestión y de la altura del líquido con referencia del punto del que se mida. Y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \rho gh + P_0$$

Donde, usando unidades del SI,

P = es la presión hidrostática (en pascales);

ρ = es la densidad del líquido (en kilogramos sobre metro cúbico);

g = es la aceleración de la gravedad (en metros sobre segundo al cuadrado);

h = es la altura del fluido (en metros). Un líquido en equilibrio ejerce fuerzas perpendiculares sobre cualquier superficie sumergida en su interior

P_0 = es la presión atmosférica.

(Terán, 2012). La presión es a su vez proporcional a la profundidad del punto con respecto a la superficie, y es independiente del tamaño o forma del recipiente. Así, la presión en el fondo de una tubería vertical llena de agua de 1 cm de diámetro y 15 m de altura es la misma que en el fondo de un lago de 15 m de profundidad. A mayor profundidad, la presión será mayor.

PAQUETES DE AIRE EN LA BOMBA DE RUEDA

(CAMACHO & TORRES, 2010). Los paquetes de aire en la bomba de rueda corresponden a la longitud que recorre el extremo de admisión de la tubería enrollada, por encima del nivel de sumergimiento. En este trayecto la tubería llena de aire su interior con cada revolución de la rueda. Esta particularidad hace que el flujo entregado por la bomba no sea constante, estos paquetes de aire se contraen y expanden, al variarse la presión desde la entrada a la bomba hasta la tubería de descarga y de esta hasta el tanque de almacenamiento del sistema. El volumen inicial de los paquetes de aire, específicamente al que corresponde a la primera espira de la rueda está dado por la geometría de la rueda y depende del diámetro de esta y el porcentaje de sumergimiento a la cual se encuentre sometida. Una expresión para esto se describe más adelante en la ecuación.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE RUEDA.

En la bomba de rueda cada vuelta de la tubería funciona como un manómetro en U y dependiendo del número de espiras que se interconecten o resulten del enrollamiento de la tubería en el carrete, como haciendo una conexión en serie de los tubos en U, (figura 2). El diferencial de presión de cada uno de estos se suma y los deltas de presión en cada espira proporcionan al fluido una cabeza neta positiva que depende entonces del número de espiras que resulten del enrollamiento de la tubería en la rueda

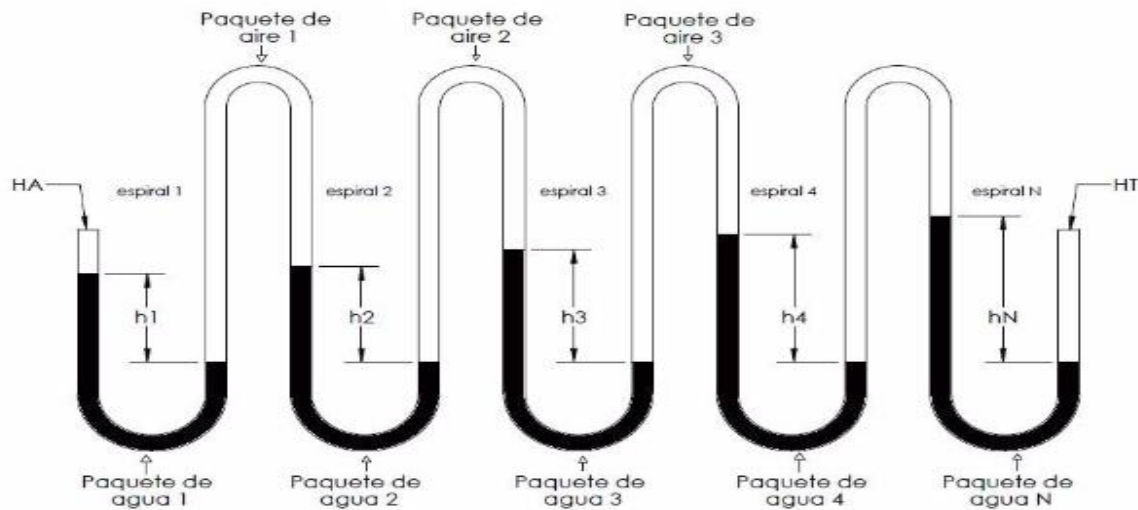


Figura 2. Análisis de presión de Bombas de espiral

Fuente: (Annable & Mortiner, 1984)

Las diferencias en el manómetro están equilibradas por la suma de los deltas de diferencia a través de 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 $h_1 = h_2 = h_3 = \dots h_N$

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

La ley dice que:

(Wikipedia, **Ley de Boyle-Mariotte, s.f.**). La presión ejercida por una fuerza química es inversamente proporcional a la masa gaseosa, siempre y cuando su temperatura se mantenga constante (si el volumen aumenta la presión disminuye, y si la presión aumenta el volumen disminuye).

O en términos más sencillos:

A temperatura constante, el volumen de una masa fija de gas es inversamente proporcional a la presión que este ejerce.

Matemáticamente se puede expresar así:

$$P \times V = K$$

Donde K es constante si la temperatura y la masa del gas permanecen constantes.

Cuando aumenta la presión, el volumen baja, mientras que si la presión disminuye el volumen aumenta. No es necesario conocer el valor exacto de la constante K para poder hacer uso de la ley: si consideramos las dos situaciones de la figura, manteniendo constante la cantidad de gas y la temperatura, deberá cumplirse la relación:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Donde:

P_1 = Presión Inicial, P_2 = Presión Final

V_1 = Volumen Inicial, V_2 = Volumen Inicial

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BÁSICOS.

ALTURA DE BOMBEO: Es la altura medida en metros desde donde se realiza el bombeo hasta un estanque o reservorio de almacenamiento. **(Crochin, 1987)**

BOCATOMA: es una estructura hidráulica destinada a derivar desde unos cursos de agua, río, arroyo, o canal; o desde un lago; o incluso desde el mar, en ocasiones son utilizadas en grandes ríos, pero su costo es bastante alto. **(Rocha, 2014)**

BOMBA DE ESPIRAL: es un tipo de bomba de accionamiento hidráulico que nos ayuda de forma económica para aprovechar el agua de un cauce donde puede ser inaccesible extraer el agua para los cultivos debido a una serie de factores **(Tailer, 1986)**

BOMBA RUEDA: Es un tipo de bomba que aprovecha los diferenciales de presión de las columnas de líquido que ingresan a esta en cada revolución para generar la presión necesaria para la elevación del fluido por lo que es una máquina que solamente requiere de la energía de la corriente suministrada por el afluente de donde se alimenta el líquido.

BOMBA: Dispositivo que convierte energía mecánica en potencia fluida en un sistema hidráulico. Es considerada “el corazón del sistema hidráulico”.

BOMBAS DE ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO: Es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. **(Terán, 2012)**

BOMBAS MANUALES: Son aquellas que se usan con fuerza humana y la ventaja mecánica para mover los líquidos o el aire de un lugar a otro. Son ampliamente utilizadas en todos los países del mundo para una variedad de aplicaciones industriales, marinas, riego y actividades de ocio. **(Crochin, 1987)**

BOMBAS NEUMÁTICAS: Son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido. **(Cáceres, 2015)**

CANAL DE RIEGO: tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible. **(Chow, 1994)**

CENTRÍFUGOS: se denomina así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. **(Cáceres, 2015)**

COLECTOR: Es el encargado de recoger el agua del río o fuente en la cual se instale la bomba de rueda.

DISTANCIA DE BOMBEO: Recorrido que realizará el **agua** bombeada desde la rueda hasta el estanque de almacenamiento. **(Linsley, 1977)**

ELECTROBOMBAS: Son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de combustión interna. **(Crochin, 1987)**

ENERGÍA CINÉTICA: La energía cinética de un cuerpo es aquella energía que posee debido a su movimiento. **(Streeter, 2000)**

ENERGÍA HIDRÁULICA: Se denomina energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas. **(Azevedo Netto, 1998)**

ENERGÍA RENOVABLE: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocombustibles. **(Cáceres, 2015)**

RUEDA PELTON: Elemento mecánico que convierte la energía cinética de un fluido y es usada principalmente en instalaciones hidroeléctricas.

SALTO HIDRÁULICO: Distancia desde donde se captará el agua hasta donde se ubicará la rueda hidráulica, medida en metros. Cuanto mayor es el salto hidráulico, mayor será el potencial energético para un mismo caudal, y en consecuencia, menor será el tamaño requerido de la turbina para producir la misma cantidad de energía. **(Ortega, 2013)**

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

3.1.1. UBICACIÓN GEODÉSICA.

Según el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84), proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 17 sur, el lugar donde se realizarán las pruebas de la bomba de espiral se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas:

Tabla 1

Coordenadas UTM de Ubicación

DESCRIPCIÓN	ESTE (m)	NORTE (m)
PUENTE DE REPARTIDOR	558877.813	9601054.965
CANAL	558896.760	9601059.801

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3. Ubicación Geodésica de la Zona de Aplicación.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. UBICACIÓN GEOPOLÍTICA.

Las pruebas del presente trabajo de investigación se realizaron en el Canal Troncal de irrigación de la margen izquierda de Río Tumbes en el repartidor localizado en el Centro Poblado de Realengal del Distrito de Corrales, Provincia de Tumbes y Departamento de Tumbes.

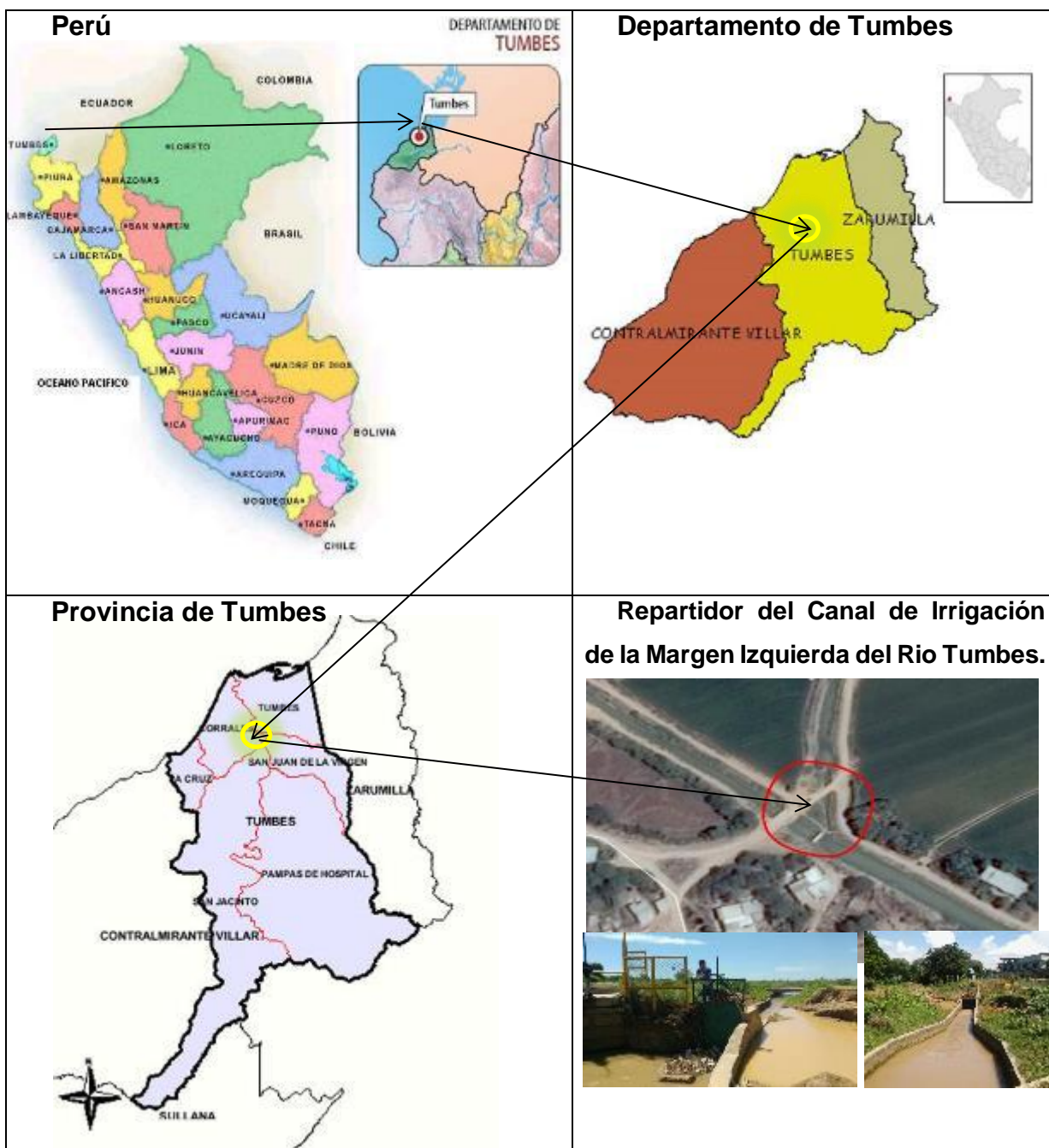


Figura 4. Ubicación Geopolítica de la Zona de Aplicación.

Fuente: Elaboración propia

3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.

3.2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente Tesis de acuerdo a la finalidad que se persigue es Aplicada Tecnológica, pues está orientada a lograr un nuevo conocimiento y método que va a mejorar o hacer mucho más eficiente la bomba de espiral.

De acuerdo al enfoque de investigación, se trata de una investigación Experimental Observacional, pues se manipulará las variables independientes para establecer la relación con la variable dependiente.

Es de tipo Experimental, porque a base de un diseño predeterminado de acuerdo a las características hidráulicas de los componentes de la bomba de espiral, se plasmó la construcción de dos prototipos de la misma, En diferentes condiciones, para poder evaluar el comportamiento de las diferentes alturas de flujo como consecuencia de los diferentes caudales y las diferentes velocidades de la bomba de espiral.

Sera Observacional, porque todo el diseño planteado de la Bomba de Espiral y una vez puesta en funcionamiento en la zona de la prueba, se observará la variación de la variable dependiente (impulso del agua de riego), será evaluada y observada en función del diseño planteado.

En resumen, el experimento sobre la base en modelos está caracterizado por las siguientes etapas fundamentales:

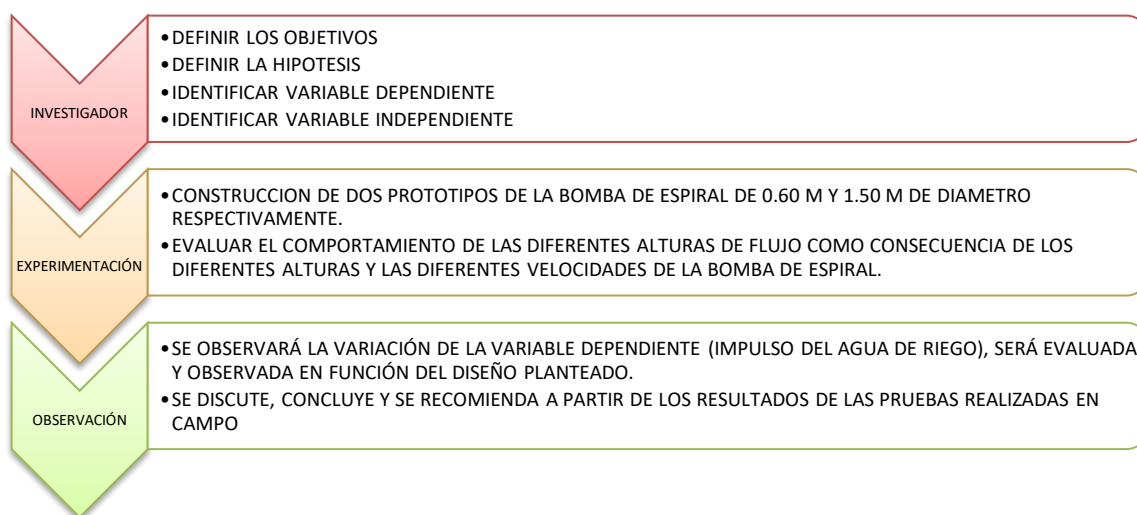


Figura 5. Etapas del desarrollo del Experimento.

Fuente: Elaboración propia

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. POBLACIÓN

La Población estuvo constituida por todas las bombas de impulsión del recurso hídrico existentes en la zona de estudio, en este caso de la investigación tomaremos el número de bombas utilizadas en el sistema de bombeo en la Provincia de Tumbes. De acuerdo al último censo Agrícola para la provincia de Tumbes existen 250 bombas de impulsión del recurso hídrico.

3.3.2. MUESTRA

Para esta investigación se trabajará con una muestra no probabilística e intencional, vale decir elegida por los investigadores y estará constituida por 2 Bombas de Espiral diseñadas y construidas para las diferentes características hidráulicas del Canal de Irrigación Margen Izquierda del Rio Tumbes, sobre todo en el Ancho de plantilla (B), tirante hidráulico (y), caudal (Q) y velocidad del agua (v).

3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. MÉTODO DE INVESTIGACION

El método a usar en la presente investigación será el método científico, ya que se desarrollará todo un proceso constituido desde la problemática actual, la justificación, la hipótesis, los objetivos y las conclusiones a los cuales se puedan arribar.

Dentro del método científico será un método inductivo, porque para el diseño se utilizó el razonamiento para diseñar y construir la bomba de espiral y obtener las conclusiones.

3.4.2. MATERIALES

<p>INFORMACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes (Diseños y cálculos) de trabajos relacionados con nuestro proyecto de investigación. • Recopilación de Datos en campo como la velocidad, caudal y sección transversal del canal donde se pondrá a prueba nuestro proyecto.
<p>SOFTWARE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 2016 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se utilizó en toda la elaboración del proyecto de investigación aquí se plasmaron todo lo que contiene el presente proyecto. • Microsoft Excel 2016 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Excel es un programa del tipo Hoja de Cálculo que permite realizar operaciones con números organizados. ✓ Se empleó para el tratamiento de datos en tablas, para realizar los cálculos del caudal del canal. • AutoCAD 2017 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Es un programa de dibujo técnico desarrollado por Autodesk para el uso de ingenieros, y otros profesionales de diseño. ✓ Se empleó para dibujar la sección transversal del canal, se dimensiono de acuerdo a los cálculos obtenidos en campo.
<p>MATERIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manguera de polietileno de 1", Manguera de plástico de ¾". • Eje de Acero, chumaceras de 1", Pernos de diferentes diámetros, tubos de fierro galvanizado cuadrados de ¾". • Materiales de Escritorio, Hojas A4 75g, regla, lápiz, etc. • Wincha, Alambre galvanizado, taladro, Moladora, soldadura. • Ente otros.

3.4.3. EQUIPOS.

	<ul style="list-style-type: none"> • Computadoras Laptop. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Laptop Lenovo ThinkPad L460. Procesador Intel® Core™ i5 6300U, 4Gb de RAM. • Calculadora, GPS, Cronometro, Reloj, Celular, Soldadoras autógena y eléctrica, Memoria USB. • Celulares, Cámara fotográfica. • Entre otros.
--	---

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO.

Para la construcción del primer prototipo de la bomba de espiral se necesitaban conocer algunos datos del canal Troncal de Irrigación de la Margen Izquierda del Rio Tumbes fue entonces que se realizaron varias visitas a campo con el fin de poder recopilar los datos necesarios para diseñar nuestro prototipo, Se hizo un aforamiento del canal para conocer la velocidad y así mismo estimar el caudal de dicho canal, para tal fin se utilizó el método del flotador para calcular la velocidad.

Estimación del caudal por el método del flotador.

Flotadores. - Consisten en objetos flotantes que adquieren la velocidad del agua que los circundan. Pueden ser de tres tipos. (Camacho, 2015)

(MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2005). Este método se utiliza cuando no se dispone de equipos de medición; para medir la velocidad del agua, se usa un flotador con él se mide la velocidad superficial del agua; pudiendo utilizarse como flotador, un pequeño pedazo de madera, corcho, una pequeña botella lastrada.

Para el cálculo del caudal se utiliza la siguiente fórmula:

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

$$v = e / t$$

Donde:

C: Factor de corrección

v : Velocidad (m / s)

e : Espacio recorrido por el flotador (m)

t : Tiempo de recorrido del espacio «e» por el flotador (s)

A : Área de la sección transversal

Q : Caudal

Los valores de caudal obtenidos por medio de este método son aproximados, por lo tanto, requieren ser reajustados por medio de factores empíricos de corrección (C), que, para algunos tipos de canal o lechos de río y tipos de material, a continuación, se indican:

Tipos de Arroyo	Factor de Corrección De Velocidad (C)	Precisión
Canal rectangular Con lados y lechos lisos	0.85	Buena
Río profundo y lento	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho Parejo y liso	0.65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo De lecho rocoso	0.25	Muy mala.

Tabla 2 Factores empíricos de corrección (C),
Fuente: (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2005)

Procedimiento.

En este método, se utilizó los valores promedio del tiempo y se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Un objeto flotante, en este caso utilizamos una botella plástica pequeña, que flotaba libremente en el agua.
- Un reloj y cronómetro.
- Una wincha de 50 metros.
- Una regla graduada.

Se seleccionó en el canal un tramo uniforme, sin piedras grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua se encontraba fluyendo libremente, sin turbulencias, ni impedimentos.

En el tramo seleccionado se ubicaron dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medimos la distancia, que fueron 21.20 metros, porque es un tramo uniforme, sin piedras grandes, y se encuentra revestido con la sección rectangular. Se calculó el tiempo que demoró el flotador de llegar de A hasta B, se utilizó cronómetro, calculadora. Se hicieron 4 pruebas del recorrido del flotador del punto A al punto B, siendo el tiempo promedio de las 4 pruebas realizadas 15 segundos.

En el tramo seleccionado, se ubicó la sección transversal del canal, aquí se procedió a medir la profundidad el ancho del canal, para poder obtener el área húmeda, se hicieron los siguientes cálculos:

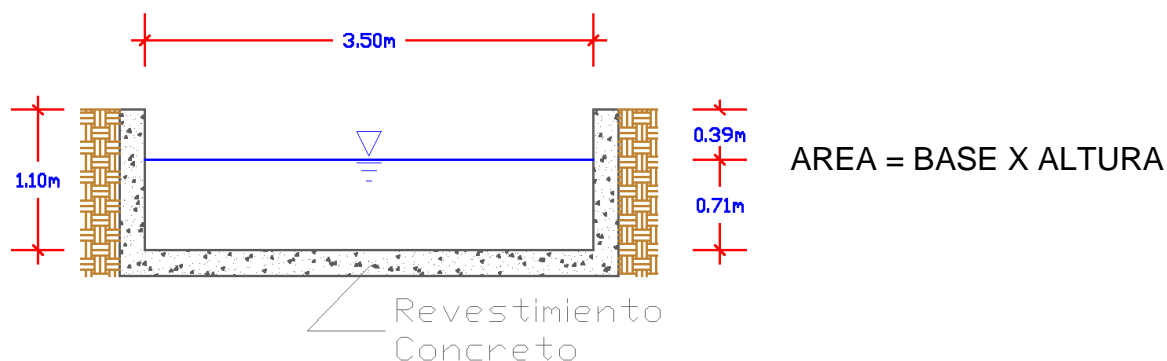


Figura 6. Sección Transversal del canal donde se calculó la velocidad.

Fuente: Elaboración Propia

Cálculos:

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

$$V = \frac{21.20 \text{ m}}{15 \text{ s}}$$

$$V = 1.413 \text{ m/s}$$

$$Caudal = C * Velocidad * Area$$

$$Q = 0.85 * 1.413 \text{ m/s} * (3.50 \text{ m} * 0.71 \text{ m})$$

$$Q = 2.98 \text{ m}^3/\text{s}$$



Foto 1. Fotografías del punto A y punto B, y el flotador utilizado en el canal de irrigación.

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. DISEÑO DEL PROTOTIPO #01 DE LA BOMBA DE ESPIRAL.

Para la construcción y caracterización hidráulica de la bomba de espiral se va a tener en consideración recomendaciones de resultados de otros estudios anteriores consultados en la bibliografía, formulas desarrolladas por otros estudios, criterios propios y disponibilidad de materiales en la zona.

No existen actualmente guiones a seguir para la fabricación de este tipo de bombas de espiral de manera casera, por ello la fabricación se realizará paso a paso en función de los materiales disponibles en el entorno y en función de la necesidad de resolución de los problemas que plantea el propio proceso. Además, no se cuenta con un lugar habilitado para su fabricación por tanto se elaborará usando herramientas corrientes.

Se hicieron algunos cálculos para el diseño del prototipo de bomba de espiral como para obtener el número de espiras aproximado para la construcción de una bomba en espiral ha sido deducido usando la ley de Boyle.

Suponemos que las espiras están representadas como una serie estática de tubos en U interconectados. Cada tubo es dimensionado para ser de igual volumen del agua (asumido para permanecer constante y ser igual a la mitad del volumen total de la primera bobina) por lo tanto el mismo volumen para el aire. Desde que el aire es comprimido, el volumen total de cada respectivo tubo en U decrecería conforme se acerca a la espira interna de la rueda.

Suponemos también que, dentro de la primera espira, así como en todas las demás espiras, la altura de salida o longitud de descarga producida por cada espira es igual al diámetro de esa espira. Esta dimensión realmente es la medida desde la pared superior de la tubería que se encuentra al pie de la espira, hasta la pared inferior de la tubería encontrada en la parte alta de la espira.

Sin embargo, esta diferencia entre lo asumido y lo real para esta dimensión es despreciable por un margen de error inferior al 5 %. La presión atmosférica será la presión de la primera espira más el diámetro de la rueda. Conocemos el diámetro de la rueda, por lo tanto, el volumen de la primera espira y también la longitud de descarga y la presión manométrica requerida en la espira n . Luego determinamos el volumen de la espira n , mediante su longitud de descarga o diámetro de dicha espira. Posteriormente de la relación indicada procedemos a despejar el diámetro de la espira n .

Detalle a continuación:

- d** Diámetro interno de la tubería.
- V1** Volumen de la primera espira o externa.
- Vn** Volumen de la espira n .
- hn** Altura de descarga de la ultima espira n
o diámetro de la ultima espira n .

D Diámetro de la primera espira o externa.

h_1 Altura de descarga de la primera espira.

$$D = h_1$$

P_1 Presión de la primera espira.

P_n Presión de la espira n .

P_{atm} . Presión atmosférica.

H Altura total de descarga

$$P_1 = P_{atm} + D$$

$$P_n = P_{atm} + H$$

$$V_1 = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * D$$

$$V_n = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h_n$$

Partimos de la ley de Boyle:

$$P_1 * V_1 = P_n * V_n$$

$$(P_{atm} + D) * \left(\pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * D\right) = (P_{atm} + H) * \left(\pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h_n\right)$$

Se eliminan $\pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2$, entonces

$$(P_{atm} + D) * D = (P_{atm} + H) * h_n$$

$$h_n = \frac{(P_{atm} + D) * D}{P_{atm} + H}$$

Con el diámetro de la espira n , el número de espiras puede ser determinado suponiendo que la longitud promedio de descarga entre la primera espira y la espira n , multiplicado por el número de bobinas le dará la longitud de descarga total. Al diseñar una bomba espiral, una vez determinado el número de espiras, debe añadirse un 20 %. Esto minimizará los efectos de utilizar cualquier diámetro de tubería y otras variables.

A continuación, detalle:

n Número de espiras

Partimos entonces de la estimación:

$$H = n * \frac{D+hn}{2}$$

$$n = \frac{2H}{D+hn}$$

Al valor de n hay que añadirle un 20% mas.

Nótese que el diámetro de la tubería fue eliminado de ambos lados de la ecuación; por lo que en primer lugar se debe calcular el número de espiras como se detalla anteriormente en función de una presión requerida o de una longitud de descarga requerida, para luego proceder a seleccionar el diámetro de tubería más cómodo para enrollar haciendo la respectiva espiral.

CÁLCULOS:

Para determinar el número de espiras deducimos una formula en base al diámetro interno de la rueda y el porcentaje de diámetro sin manguera y el diámetro externo de la manguera, por medio de la observación y varias pruebas deducimos la siguiente formula que nos dará el número aproximado de espiras:

$$\#Espiras = \frac{(\emptyset i - \% s(\emptyset i))}{2 * \emptyset Em}$$

Donde:

$\emptyset i$ = Diámetro interno Total de la rueda (sin paletas).

$\% s$ = Porcentaje de la rueda sin manguera enrollada

$\emptyset Em$ = Diámetro externo de la manguera que será enrollada

Reemplazamos y calculamos el número de espiras para la bomba de 0.50 de diámetro interno.

$$\#Espiras = \frac{(0.50 - \% 40(0.50))}{2 * 0.0254}$$

$$\# Espiras = \frac{0.3}{0.0508}$$

$$\# Espiras = 5.905 \approx 6$$

Por lo tanto, podemos afirmar que al momento de hacer nuestras espiras nos deberán de dar un aproximado de 6 espiras, con este dato continuamos haciendo los demás cálculos para el diseño de la bomba de espiral.

En este caso se determinó mediante el diámetro interno de la rueda (sin paletas) un número de 6 espiras, y el Diámetro de la primera espiral fue de 0.32 m. y la altura de descarga o diámetro de la última espira es 0.50 m. Para poder calcular nuestra altura de descarga utilizamos la siguiente formula:

n Número de espiras

Partimos entonces de la estimación:

$$H = n * \frac{D+hn}{2}$$

$$H = 6 * \frac{0.50+0.32}{2}$$

$$H = 2.46 \text{ Metros}$$

H, es la altura Máxima de bombeo que tendríamos que alcanzar en la prueba de campo de nuestra bomba de espiral.

3.5.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Se construyó un prototipo de la bomba de espiral de 0.50 m. de diámetro, durante el primer periodo de ejecución de la tesis con la finalidad de evaluar y observar los parámetros de diseño de una bomba de espiral, y así poder plantear un diseño de la bomba de espiral eficiente de 1.50 m de diámetro que se construirá, para este prototipo se utilizaron los siguientes materiales:

- Aro de Bicicleta 50 Ø
- Tubo Galvanizado 3/4"
- Codo 3/4 Galvanizado
- Tee 1" Galvanizada
- Tapón 1" Galvanizado
- Tubo Galvanizado 3/4"
- Válvula check 3/4"
- Espiga macho npt 3/4 giratorio
- Unión Hembra npt 3/4
- Abrazadera 1"
- Tubo PVC 4"
- Alambre Galvanizado
- 9 metros de Manguera para Agua 1"
- 5 metros de Manguera para Agua 3/4"
- 18 metros de Manguera para Agua 1/2"
- Mano de Obra Soldadura

los cuales se enrolló en la rueda de 0.50 metros de diámetro resultando un número de 6 espiras, se utilizó un aro de bicicleta para que este pueda ser el instrumento giratorio y el eje de la bomba, el número de paletas para que pueda accionar la bomba de espiral fue de 9 el cual fue de una tubería PVC de 4" cortada en forma de canal de 0.15 x 0.10 m cada una.

Se construyo un soporte para nuestro prototipo de la bomba de espiral el cual esta diseñado para que soporte el peso del primer prototipo.

La bomba espiral con diámetro exterior de 0.50 m fue instalada en diferentes sitios en el canal principal de irrigación. El canal tiene 3.50 m de ancho y la profundidad del agua oscila entre 0.68 y 0.74 m. A una velocidad de aproximadamente 1.413 m/s, aproximadamente $2.98 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua pasaban a través del canal de sección rectangular.

La bomba está parcialmente sumergida en la corriente y la rueda es girada por el flujo de la corriente gracias a las 9 paletas de tubo PVC instaladas a la rueda, de manera que los taponeros alternativos de agua y aire son recogidos en el tubo de captación.

3.5.4. DISEÑO DE LA BOMBA DE ESPIRAL #02.

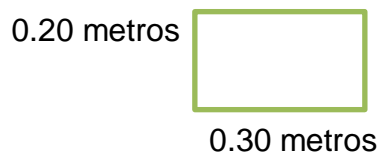
CÁLCULOS:

Al momento de diseñar el dispositivo se pensó con gran detenimiento en la finalidad de este producto, Por lo tanto, se partió con la idea que del dispositivo se debería tomar datos lo más cercanos a la realidad como sea posible, por lo tanto se debía construir una rueda de buenas prestaciones como para trabajo real.

Con esto se llegó a la conclusión de que la rueda debe construirse de un buen tamaño, se considera un **diámetro de rueda de 1.96 metros**, se considera como **diámetro interno de la rueda sin paletas 1.40 metros** ya que para este tipo de bombas sería la única manera de que los datos arrojados muestren de manera clara sus verdaderas tendencias al variar las magnitudes de diseño.

La rueda, como se indicó anteriormente debía ser de grandes dimensiones, por lo que había que construir en primer lugar una estructura que soporte el peso de la manguera con el agua y ésta debería girar libremente.

El número de paletas para esta bomba de espiral serán, colocadas al extremo de cada radio por esta razón se decidió utilizar 8 paletas, con las siguientes dimensiones:



Obteniendo un área de paleta:

$$A = 0.20 \text{ m} * 0.30 \text{ m}$$

$$A = 0.06 \text{ m}^2$$

Se designó esta área de paleta, ya que tendríamos 0.30 metros espacio suficiente para que la velocidad de agua haga hacer rotar la rueda, y por el porcentaje de sumersión que tendrá la bomba en el canal que será de 10 % y de acuerdo a la velocidad 1.413 m/s que pasa por el canal, y la fuerza que ejerce el agua que soportaran las 8 paletas determinamos utilizar una paleta de 0.20 * 0.30 metros.

El depósito de captación lo obtuvimos a partir de una botella de 3 litros, la cual cumplía las características de diseño 0.00254 m (1 pulg que coincidía con el diámetro interno de la manguera de descarga) por 0.15 m de longitud (considerando los 10% de sumersión) y 0.01143 m (4.5 pulg) de captación considerando el volumen de captación.

Para determinar el número de espiras usamos la formula deducida en base al diámetro interno de la rueda y el porcentaje de diámetro sin manguera y el diámetro externo de la manguera, por medio de la observación y varias pruebas deducimos la siguiente formula que nos dará el número aproximado de espiras:

Por la flexibilidad de la manguera dejamos un 70% de porcentaje de la rueda sin manguera enrollada

$$\#Espiras = \frac{(\emptyset i - s\%)}{2 * \emptyset Em}$$

Donde:

$\emptyset i$ = Diámetro interno de la rueda (sin paletas).

$s \%$ = Porcentaje de la rueda sin manguera enrollada

$\emptyset Em$ = Diámetro externo de la manguera que será enrollada

Reemplazamos y calculamos el número de espiras para la bomba de 1.40 de diámetro interno.

$$\#Espiras = \frac{(1.40 - 70\%(1.40))}{2 * 0.0254}$$

$$\# Espiras = \frac{0.42}{0.0508}$$

$$\# Espiras = 8.28 \approx 8$$

Por lo tanto, podemos afirmar que al momento de hacer nuestras espiras nos deberán de dar un aproximado de 8 espiras, con este dato continuamos haciendo los demás cálculos para el diseño de la bomba de espiral.

En este caso se determinó mediante el diámetro interno de la rueda (sin paletas) un número de 8 espiras, y el Diámetro de la primera espiral fue de 1.40 m. y diámetro de la última espira es 1.19 m. Para poder calcular nuestra altura de descarga utilizamos la siguiente formula:

n Número de espiras

Partimos entonces de la estimación:

$$H = n * \frac{D+hn}{2}$$

$$H = 8 * \frac{1.40+1.19}{2}$$

H = 10.36 Metros

H, es la altura Máxima de bombeo que tendríamos que alcanzar en la prueba de campo de nuestra bomba de espiral.



Foto 2. Caudal de descarga a una altura de 3 metros

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. CONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA DE PRUEBA.

Perforamos con el torno 1" \varnothing en el centro y 16 orificios de 5/16" \varnothing en las platinas de 40 cm \varnothing * 3mm para que pueda entrar el eje de 1" y los Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado)



Foto 3. Perforación en las platinas en el torno.

Fuente: Elaboración propia

Ahora a los 2 anillos de acero 3 \varnothing *3/4" les hacemos una perforación de 1" para que entre el eje para asegurar el eje y las platinas y a los costados hacemos orificios para poder colocar los prisioneros de 3/8"*1/2" y evitar que se mueva el eje.



Foto 4. Perforación de los anillos de acero para colocar los prisioneros.

Fuente: Elaboración propia

Procedemos a cortar los Tubos Galvanizados de 3/4"*6m en 0.75 m, dándonos como resultado un total de 16 tubos de 0.75 m. de longitud para luego hacer perforaciones de 5/16 en cada uno de ellos, y así poder asegurarlos a las platinas.



Foto 5. Perforación de 5/16" de los tubos galvanizados.

Fuente: Elaboración propia

Cortamos el triplay reforzado para hacer las paletas de 20cm* 30cm y hacer los orificios de 5/16 para colocar los pernos, los cortes fueron pintados con barniz Marino con la finalidad de que el agua no malogre la madera a largo plazo.



Foto 6. Respectivo pintado y perforación de las paletas cortadas.

Fuente: Elaboración propia

Empezamos a armar la bomba de espiral usando las Platinas 40 cm \varnothing * 3mm de espesor, Eje de acero de 1", 2 Anillos de acero de 3/4"*3 \varnothing , Prisioneros de 3/8"*1/2", Tubo Galvanizado 1", Tubo Galvanizado 3/4", Pernos 5/16"*2"(paletas), Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado), Viga tubo cuadrado, Triplay reforzado 0.72 m2

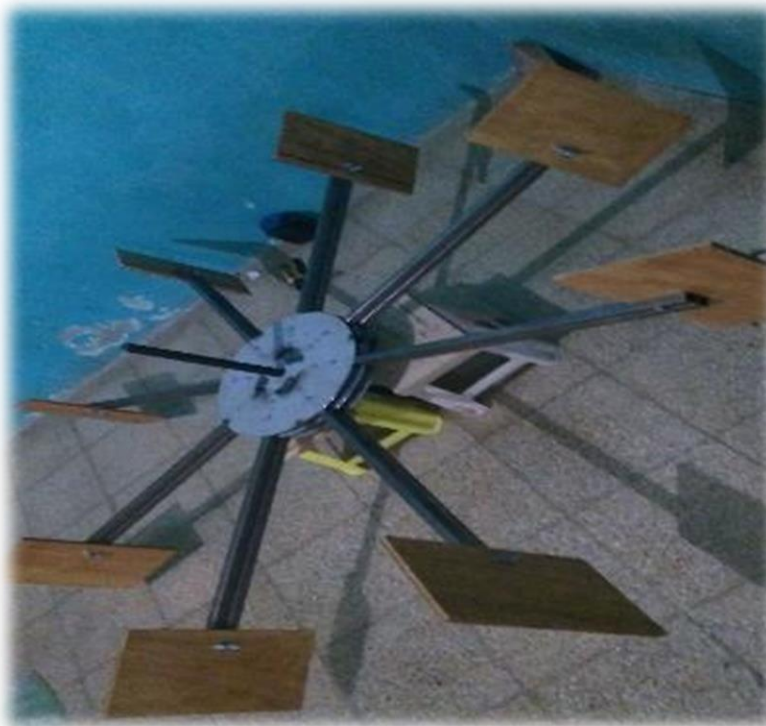


Foto 7. Bomba de espiral armada con los materiales ya descritos.
Fuente: Elaboración propia

Enrollamos los 25m de manguera de polietileno de 1" usando alambre galvanizado



Foto 8. Se hacen las espiras con los 25 metros de la manguera de polietileno
Fuente: Elaboración propia

Por último, al eje le soldamos un tapón de acero de 1" donde estará conectada la tee de 1", este será el lugar donde llegaría el agua de la bomba de espiral para conectarla con la manguera de descarga, para la manguera de descargar usaremos 5 cm de tubo eje de 1" para luego reducirlo a $\frac{3}{4}$ con longitud de 1m en donde estará la chumacera, luego la valvula check de $\frac{3}{4}$ para llegar a la espiga macho npt de $\frac{3}{4}$ giratorio.



Foto 9. Articulación hidráulica de la bomba que trabaja como eje.

Fuente: Elaboración propia

La bomba espiral con diámetro exterior de 1.40 m fue instalada en diferentes sitios en el canal principal de irrigación. El canal tiene 1.50 m de ancho y la profundidad del agua oscila entre 1.15 y 1.05 m. A una velocidad de aproximadamente 1.83 m/s, aproximadamente $3.02 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua pasaban a través del canal de sección rectangular.

La bomba está parcialmente sumergida en la corriente y la rueda es girada por el flujo de la corriente gracias a las 8 paletas de triplay reforzado instaladas a la rueda, de manera que los tapones alternativos de agua y aire son recogidos en el tubo de captación.

3.5.5.1. Eficiencia de una bomba de espiral

Para hallar la eficiencia de una bomba de espiral, partimos de la eficiencia de cualquier máquina que viene dada por la expresión:

$$Eficiencia = \frac{W \text{ salida}}{W \text{ entrada}}$$

Donde W se refiere a trabajo.

El trabajo de salida se expresa mediante la ecuación.

$$W \text{ salida} = \rho * V * H$$

Donde:

ρ : Densidad del agua (1 Kg/L).

V: Volumen de descarga en litros.

H: Altura de descarga en metros.

De manera que W salida nos queda en Kilogramo metro mediante la expresión:

$$W \text{ salida} = 1 * V * H$$

El trabajo de entrada se determina mediante la ecuación:

$$W \text{ entrada} = F * \pi * Rev * D$$

Donde:

F: Fuerza aplicada a la rueda (kg)

Rev: Número de revoluciones que da la rueda en un tiempo en descargar un volumen V de agua.

D: Diámetro de la rueda.

W entrada también nos quedaría en Kg - m.

La fuerza F nos sale mediante la ecuación: $F = \rho * Q * \Delta v$

Conocemos además que:

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

Para nuestro caso en particular conocemos que, si partiría del reposo, entonces $V_1=0$, entonces v_2 sería el valor de v. Entonces:

$$F = \rho * Q * v$$

Para hallar v nos basamos en la fórmula:

$$v = \omega * r$$

Donde:

ω : Velocidad angular de la rueda en rpm.

r : Radio distancia en metros desde el centro de la rueda al centro de la paleta que es el lugar medio donde se aplicaría la fuerza F .

Para nuestra rueda sería 0.80 metros.

Para hallar la eficiencia de nuestra bomba de espiral, partimos de la formula ya antes explicada de eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{W \text{ salida}}{W \text{ entrada}}$$

Donde W se refiere a trabajo.

El trabajo de salida se expresa mediante la ecuación.

$$W \text{ salida} = 1 \text{ Kg/L} * 4 \text{ Litros} * 9 \text{ Metros}$$

$$W \text{ salida} = 36 \text{ Kg} - M$$

El trabajo de entrada se determina mediante la ecuación:

$$W \text{ entrada} = F * \pi * Rev * D$$

Donde:

F : Fuerza aplicada a la rueda (Kg)

Rev : 7.583 revoluciones que da la rueda en 35 segundos en descargar 4 L. de agua.

D : 1.68 Metros

W entrada también nos quedaría en Kg - m.

La fuerza F nos sale mediante la ecuación: $F = \rho * Q * v$

$$F = 1 \text{ Kg/L} * 0.114 \text{ l/s} * v$$

Para hallar v nos basamos en la fórmula:

$$v = \omega * r$$

Donde:

ω : 13 rpm. En segundos seria = 0.2167 revoluciones por segundo

r: 0.84 metros.

$$v = 13 \text{ rpm} * 0.84 \text{ metros}$$

$$v = 10.92$$

La fuerza F nos sale entonces:

$$F = 1 \text{ Kg/L} * 0.114 \text{ l/s} * 10.92 \text{ m/s}$$

$$F = 1.244 \frac{\text{Kg} * \text{m}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el trabajo de entrada nos quedaría:

$$W \text{ entrada} = 1.244 * \pi * 7.583 * 1.68$$

$$W \text{ entrada} = 49.7875 \text{ Kg} - \text{M}$$

Por lo tanto, la eficiencia nos quedaría:

$$\text{Eficiencia} = \frac{36 \text{ Kg} - \text{M}}{49.7875 \text{ Kg} - \text{M}}$$

$$\text{Eficiencia} = 0.723$$

$$\text{Eficiencia} = 0.723 * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 72.3 \%$$

IV. RESULTADOS.

4.1. Diseño de una bomba de Espiral

La bomba de espiral se diseñó para impulsar a una altura de 10.36 m se determinó usar 8 espiras que formaban 25 m de manguera con un diámetro interno de rueda de 1.40 m accionada con 8 paletas de 20cm*30cm

4.2. CONSTRUCCION DE LA BOMBA DE ESPIRAL

Para la bomba de espiral se utilizaron los siguientes materiales:

- Platinas 40 cm Ø * 3mm
- Eje 1", Anillo 3/4"*3Ø, Prisionero 3/8"*1/2"
- Chumaceras de Piso 1"
- Tubo Galvanizado 1"
- Tee 1" Galvanizada
- Tapón 1" Galvanizado
- Tubo Galvanizado 3/4"
- Valvula check 3/4"
- Espiga macho npt 3/4 giratorio
- Union Hembra npt 3/4
- Abrazadera 1"
- Pernos 5/16"*2"(paletas)
- Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado)
- Viga tubo cuadrado
- Alambre Galvanizado
- Manguera de polietileno para Agua 1"
- Manguera para Agua 3/4"
- Manguera para Agua 1/2
- Barniz Marino
- Tripay reforzado 0.72 m2

El proceso constructivo se puede visualizar desde la foto 3 hasta la foto 9, así como la explicación de cada uno de los pasos para la construcción de la bomba de espiral.

4.3. EVALUACION DEL IMPULSO DEL AGUA DE RIEGO A DIFERENTES ALTURAS

Esta bomba se instaló sobre el canal de irrigación de la margen izquierda del río Tumbes - Sector Realengal y fue capaz de bombear 7.71 litros de agua por minuto a una altura de 3 metros sobre el nivel del agua, con una velocidad de giro de 13 Rev. /min, 7.2 litros de agua por minuto a una altura de 5 metros sobre el nivel del agua, con una velocidad de giro de 13 Rev. /min y 6,86 litros de agua por minuto a una altura de 9 metros sobre el nivel del agua, con una velocidad de giro de 13 Rev. /min.

Altura de descarga (Metros)	Altura Promedio (Metros)	n	D (metros)	d Espiras (Metros)	d Descarga (Metros)	Rpm	Caudal (lts/min)	Caudal promedio (lts/min)
3		8	1.68	0.0254	0.01905	13	7.71	
5	5.67	8	1.68	0.0254	0.01905	13	7.20	7.26
9		8	1.68	0.0254	0.01905	13	6.86	

Tabla 3. Tabla de datos variando la altura de descarga.

Fuente: Elaboración propia

Donde:

n: Numero de espiras.

d Espiras: Diámetro interno de manguera de espiral.

d Descarga: Diámetro interno de manguera de descarga.

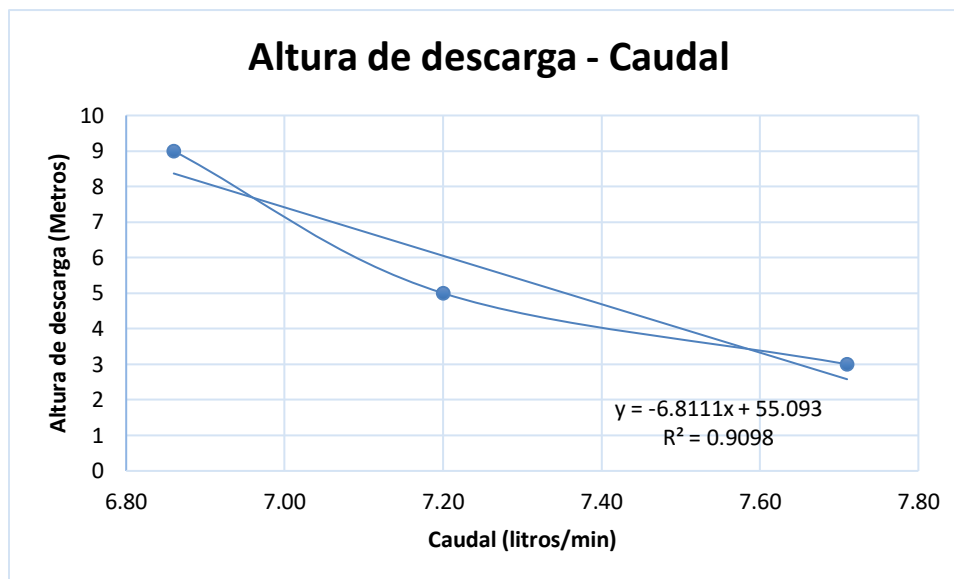
Rpm: Revoluciones por minuto.

Con estos datos obtenidos en la tabla 3, se realizó la gráfica altura de descarga – Caudal mostrada a continuación en la gráfica 1. Posteriormente procederemos al respectivo análisis.

en la que podemos observar la forma parabólica de esta relación, así mismo demostramos la ecuación del caudal en función a la altura de descarga:

$$y = -6.8111x + 55.093$$

$$R^2 = 0.9098$$



Grafica 1. Curva Altura de descarga - Caudal

Fuente: Elaboración propia

4.4. DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD DEL USO DE LA BOMBA DE ESPIRAL PARA IMPULSAR EL AGUA DE RIEGO TECNICA-ECONOMICA

4.4.1. Análisis de costos del presente proyecto

Para analizar los costos que tuvo el proyecto, se verificó los materiales comprados para la realización del mismo.

Se separó los costos correspondientes a la bomba de prototipo, bomba de prueba, los correspondientes a la estructura de soporte y los correspondientes a gastos varios como transporte y de logística.

Dentro del gasto expuesto en la estructura, se incluyen los materiales, mano de obra, accesorios y terminados correspondientes a la misma.

En gastos varios se detalla costo por transporte, el mismo que corresponde al total de varios servicios contratados en diferentes días.

El detalle se encuentra a continuación en la tabla:

CANT	UND	DETALLE	PRECIO U.	Total
2	und	Platinas 40 cm Ø * 3mm	S/25.00	S/50.00
0.6	m	Eje 1"	S/40.00	S/24.00
2	und	Anillo 3/4"*3Ø	S/10.00	S/20.00
7	und	Prisionero 3/8"*1/2"	S/2.50	S/17.50
2	und	Chumaceras de Piso 1"	S/45.00	S/90.00
0.05	m	Tubo Galvanizado 1"	S/15.00	S/0.75
1	und	Tee 1" Galvanizada	S/8.00	S/8.00
1	und	Tapón 1" Galvanizado	S/5.00	S/5.00
1	m	Tubo Galvanizado 3/4"	S/10.00	S/10.00
1	und	Valvula check 3/4"	S/50.00	S/50.00
1	und	Espiga macho npt 3/4 giratorio	S/40.00	S/40.00
1	und	Union Hembra npt 3/4	S/20.00	S/20.00
2	und	Abrazadera 1"	S/1.50	S/3.00
16	und	Pernos 5/16"*2"(paletas)	S/1.00	S/16.00
16	und	Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado)	S/1.50	S/24.00
2	und	Viga tubo cuadrado	S/26.00	S/52.00
1	kg	Alambre Galvanizado	S/15.00	S/15.00
25	m	Manguera para Agua 1"	S/2.00	S/50.00
5	m	Manguera para Agua 3/4"	S/3.00	S/15.00
18	m	Manguera para Agua 1/2	S/2.00	S/36.00
1/4	gal	Barniz Marino	S/48.00	S/12.00
1	und	Tripay reforzado 0.72 m2	S/25.00	S/25.00
1	Glb	Mano de Obra Soldadura	S/50.00	S/50.00
1	Glb	Mano de Obra Torno	S/100.00	S/100.00
Total Bomba de Prueba				S/733.25

CANT	UND	DETALLE	PRECIO U.	Total
1	und	Aro de Bicicleta 50 Ø	S/25.00	S/25.00
1	m	Tubo Galvanizado 3/4"	S/8.00	S/8.00
1	und	Codo 3/4 Galvanizado	S/5.00	S/5.00
1	und	Tee 1" Galvanizada	S/8.00	S/8.00
1	und	Tapón 1" Galvanizado	S/5.00	S/5.00
1	m	Tubo Galvanizado 3/4"	S/10.00	S/10.00
1	und	Valvula check 3/4"	S/50.00	S/50.00
1	und	Espiga macho npt 3/4 giratorio	S/40.00	S/40.00
1	und	Union Hembra npt 3/4	S/20.00	S/20.00
2	und	Abrazadera 1"	S/1.50	S/3.00
1	m	Tubo pvc 4"	S/12.00	S/12.00
1	kg	Alambre Galvanizado	S/15.00	S/15.00
25	m	Manguera para Agua 1"	S/2.00	S/50.00
5	m	Manguera para Agua 3/4"	S/3.00	S/15.00
18	m	Manguera para Agua 1/2	S/2.00	S/36.00
1	glb	Mano de Obra Soldadura	S/50.00	S/50.00
Total Bomba Prototipo				S/352.00

CANT	UND	DETALLE	PRECIO U.	Total
5	glb	Transportes Bomba	S/25.00	S/125.00
5	glb	Transportes Personal (6 personas)	S/15.00	S/75.00
5	glb	Asistente Tecnico(4 personas)	S/60.00	S/300.00
Total Gastos Generales				S/500.00

CANT	UND	DETALLE	PRECIO U.	Total
1	glb	Total Bomba de Prueba	S/733.25	S/733.25
1	glb	Total Bomba Prototipo	S/352.00	S/352.00
1	glb	Total Gastos Generales	S/500.00	S/500.00
Total Gastos Generales				S/1,585.25

Una bomba de espiral es una buena inversión comparándola con otros tipos de bombas usadas para extraer agua en similares condiciones, ya que, en un corto o mediano plazo, los costos de la bomba en espiral llegan a ser inferiores a los de las otras bombas, además de la ventaja del fácil, poco frecuente y barato mantenimiento. A esto habrá que sumarle que la bomba de espiral utiliza energía renovable y no contamina el planeta.

4.4.2. Análisis económico de bombas de espiral

PRECIO AGUA POR HA DE ARROZ-PLATANO

	Margen Izquierda		Margen Derecha	
<i>Costo por ha</i>	S/.	228.00	S/.	915.00
<i>Costo por m3</i>	S/.	0.0228	S/.	0.0915
<i>Costo por litro</i>	S/.	0.0000228	S/.	0.0000915

Tabla 4. Tabla de Costos Margen izquierda y sector puerto el cura.

Fuente: Comisión de Regantes Margen Izquierda y Comisión de Regantes Puerto el Cura.

Bomba de Espiral

<i>Tiempo</i>	Segundos	Min	Horas	Días	14 Días
<i>0</i>					
<i>Ha</i>	0.0000008	0.000049	0.00298	0.07171	1.003968
	3	8	8	2	
<i>M3</i>	0.0083	0.498	29.88	717.12	10039.68
<i>Litro</i>	8.3	498	29880	717120	1003968
					0

Tabla 5. Tabla de datos variando el volumen de agua con respecto al tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis económico se realiza teniendo en cuenta el costo por hectárea de agua en la comisión de regantes de la margen izquierda del río tumbes y la comisión de regantes puerto el cura.

V. DISCUSIÓN

5.1. Diseño de una bomba de espiral

La bomba de espiral usada en la presente investigación se diseñó en base al número de espiras a colocar en la rueda. De acuerdo a los cálculos obtenidos en el punto 3.5.4. el número de espiras fue 8, número que permitió que en base a un diámetro de la primera espira de 1,40 m de diámetro y 1,19 de diámetro de la última espira obtener la altura teórica a la cual debería llegar el agua, la misma que fue 10.36 m de altura máxima de impulso que se debería alcanzar en la prueba de campo. Adicional a la bomba de espiral diseñada se adiciona una manguera de 25 m de longitud enrollada en el diámetro interno de la rueda y accionado por 8 paletas con dimensión de 30 cm de ancho por 20 de altura.

5.2. Construcción de una bomba de espiral

En la construcción de la bomba de espiral empezamos perforando con el torno 1" \emptyset en el centro y 16 orificios de 5/16 \emptyset en las platinas de 40 cm \emptyset * 3mm para que pueda entrar el eje de 1" y los Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado), seguimos con los 2 anillos 3 \emptyset *3/4" les hacemos una perforación de 1" para que entre el eje y a los costados hacemos orificios para poder colocar los prisioneros de 3/8"*1/2" y evitar que se mueva el eje, Procedemos a cortar los Tubos Galvanizados de 3/4"*6m en 0.75 m para luego hacer perforaciones de 5/16 en cada uno de ellos, Cortamos el triplay reforzado para hacer las paletas de 20cm* 30cm y hacer los orificios de 5/16 para colocar los pernos. Empezamos a armar la bomba de espiral usando las Platinas 40 cm \emptyset * 3mm, Eje 1", Anillo 3/4"*3 \emptyset , Prisionero 3/8"*1/2", Tubo Galvanizado 1", Tubo Galvanizado 3/4", Pernos 5/16"*2"(paletas), Pernos 5/16"*3"(viga tubo cuadrado), Viga tubo cuadrado, Triplay reforzado 0.72 m², cuanto tenemos la primera parte de la estructura armada enrollamos los 25m de manguera de polietileno de 1" usando alambre galvanizado, por último, al eje le soldamos un tapón de acero de 1" donde estará conectada la tee de 1", este será el lugar donde llegaría el agua de la bomba de espiral para conectarla con la manguera de descarga, para la manguera de descargar usaremos 5 cm de tubo

eje de 1" para luego reducirlo a $\frac{3}{4}$ con longitud de 1m en donde estará la chumacera, luego la válvula check de $\frac{3}{4}$ para llegar a la espiga macho NPT de $\frac{3}{4}$ giratorio.

La bomba espiral con diámetro exterior de 1.40 m fue instalada en diferentes sitios en el canal principal de irrigación. El canal tiene 1.50 m de ancho y la profundidad del agua oscila entre 1.15 y 1.05 m. A una velocidad de aproximadamente 1.83 m/s, aproximadamente $3.02 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua pasaban a través del canal de sección rectangular.

La bomba está parcialmente sumergida en la corriente y la rueda es girada por el flujo de la corriente gracias a las 8 paletas de triplay reforzado instaladas a la rueda, de manera que los tapones alternativos de agua y aire son recogidos en el tubo de captación.

5.3. Evaluación del impulso de agua de riego a diferente altura

En la presente investigación se ha podido determinar que para una altura promedio de 5.6 m ha existido un volumen promedio de agua impulsada de 7.26 con una velocidad de 13 rev/min. Resultados que concuerdan con las investigaciones preliminares de Morgan en 1979 que para una altura de 8 m accionada con 16 paletas logró depositar 1,3 litros en cada revolución, así mismo se puede calcular que para la bomba de espiral del estudio se puede calcular una cantidad total de 435.6 litros/hora, lo que Morgan obtuvo fue de 3697 litros/hora a una altura de 8 metros sobre el nivel el agua con una bomba de 16 paletas de 60cm por 60 cm, resultados que nos permiten convalidar el funcionamiento de este equipo a mayor número de paletas y mayor número de diámetro de la rueda el volumen de agua aumenta por lo tanto los resultados pueden ser tabulados, graficados y colocados en un modelo de caudal/altura tal como se muestra en la tabla n°3 , grafica n°1; datos también combinados para Taylor 1986, San Miguel y Andrés 2012.

5.4. Determinar la factibilidad del uso de una bomba de espiral para impulsar el agua de riego Técnica – Económica.

La construcción de la presente bomba de espiral de prueba tuvo un costo fijo total de 733.25 soles para impulsar agua a una altura promedio de 5.6 con un volumen promedio de 7.26 litros/minuto. La que indica que en una hora de funcionamiento se ha impulsado un total de 435.6 litros/hora.

El análisis económico se realiza teniendo en cuenta el costo por litro de agua en la margen izquierda del río Tumbes que actualmente equivale al alquiler de una bomba de 4" que impulsa 6 litros/segundo a 80 soles por 12 horas donde se consume 1 galón de petróleo/hora y el galón de petróleo está a 12. Si consideramos que en 1 hora de funcionamiento la bomba de espiral impulsa 435.6 litros de agua considerando el costo de la Margen Izquierda de 1 litro a 0.000864 soles obtenemos que 1 hora de funcionamiento el costo de esos 435.6 litros es de 0.376 soles sin considerar el valor económico del agua que esto podría tener, costo de mantenimiento casi cero lo que equivale que el costo directo de la bomba de 733.25 se recuperarían en el uso permanente de 102665.475 horas 4277.728125 días que nos da como resultado 11.72 años. Considerando el bajo costo de construcción de la bomba y el costo de mantenimiento casi cero y además los ingresos por los productos que se obtengan con esta agua es factible su uso para crianza permanente de animales menores, huertos y jardines teniendo en cuenta que en 10 horas de funcionamiento se obtiene aproximadamente 4356 litros (4.3 m³ de agua).

VI. CONCLUSIONES

- 1) La bomba de espiral diseñada impulsaría una altura total de 10.36 m con 8 espiras, 25 m de longitud de manguera con un diámetro interno de manguera de 1.4m y 8 paletas de 0.2m*0.3m
- 2) El proceso constructivo de la bomba se realizó con materiales fáciles de conseguir en el mercado local y haciendo uso de los talleres de mecánica (soldadura y torno) que facilitó el proceso constructivo.
- 3) La bomba construida e instalada sobre el Canal Margen Izquierda, sector Realengal, impulsa 7.71 litros/minuto a una altura de 3 m sobre el nivel de agua, 7.2 litros/minuto a una altura de 5 m. sobre el nivel de agua y 6.86 litros/minuto a una altura de 9 m. sobre el nivel de agua; dejando establecido que la altura de agua llega hasta los 11 metros de nivel de agua, todos ellos con un giro de 13 revoluciones por minuto.
- 4) Es factible la construcción y puesta en funcionamiento de la bomba de espiral aquí diseñada por su bajo costo (733.25 soles) y la utilidad que se le podría dar en zonas rurales pequeñas para la crianza de animales menores, huertos y jardines.

VII. RECOMENDACIONES.

- 1) Se recomienda diseñar bombas de más altura con el uso de tramos de corriente de mayor velocidad y poder obtener mejores beneficios para la población rural.
- 2) Capacitar a técnicos, comisiones de regantes y agricultores en el diseño y proceso constructivo para el impulso del agua a alturas promedio entre 10 – 15 m; almacenándole en pequeños noques y utilizarla convenientemente en pequeñas granjas, huertos o jardines.
- 3) Evaluar bombas más grandes en tramos de canales con mayores volúmenes y mayores velocidades de agua tal que giren a más revoluciones por minuto y obtener mayores caudales de agua a mayor altura.
- 4) Para mejorar la factibilidad de la bomba de espiral el agua impulsada debe ser almacenada en pequeños noques almacenables y darle doble o triple uso de agua, como ejemplo crianza de peces y camarones de agua dulce, crianza de animales menores y uso para pequeños huerto y jardines. Este por su bajo costo de construcción y cero costos de operación y mantenimiento.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1) Annable, R., & Mortiner, G. (1984). "Coil Pump -Theory and Practice". *J.Hydraulic Research*, XXII(1), 9-22.
- 2) Arias, E. (1999). *Mitos y errores en la elaboración de tesis y proyectos de investigación*. Caracas, VENEZUELA: Episteme.
- 3) Azevedo Netto, J. M. (1998). *Manual de Hidráulica*. Sao Paulo, Brasil: Edgard blucher.
- 4) Belcher, A. E. (1990). Bomba de Belcher. *The Rotary Scroll Collector*, 60.
- 5) Cáceres, A. A. (2015). *Diseño y construcción de una rueda hidráulica para impulsar agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a 300 m de distancia en Puerto Quito, recinto La Magdalena*. Tesis de pre grado, Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- 6) Camacho, A. A. (25 de Noviembre de 2015). *AFOROS DE DESCARGAS*. (C. G. Mólgora, Ed.) Recuperado el 20 de 11 de 2017, de slideplayer: <http://slideplayer.es/slide/5706012/>
- 7) CAMACHO, O., & TORRES, E. L. (2010). *SISTEMA DE BOMBEO CON ENERGÍA ALTERNATIVA PARA LA VEREDA NARANJAL BAJO MUNICIPIO DE SOCORRO*. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Bucaramanga.
- 8) Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: Nomos.
- 9) Crochin, S. (1987). *Diseño hidráulico*. Lima, Perú: McGraw-Hill Latinoamerica, S.A.
- 10) Dibwe, M. (1978). Hydrostatic Pump. *Hydraulics*, 80.
- 11) Hoffman. (2002). Bomba de caracol de Arquímedes. *Pumps*, 52.
- 12) Igor, J., & Roy, C. (1983). *Bombas Centrífugas*. México: McGraw-Hill Latinoamerica, S.A.
- 13) Innovagri. (s.f.). *Barsha, la primera bomba hidro-propulsada de España*. Recuperado el 16 de Abril de 2017, de <http://www.innovagri.es/actualidad/bomba-hidropropulsada.html>

- 14) Inostroza, R. (2011). *Análisis técnico-económico de sistemas de elevación de aguas para edificios residenciales 2011*. Santiago de Chile: Tesis.
- 15) Invsalud. (5 de Enero de 2012). *Diseño Tipo de Estudio*. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de <http://www.uv.es/invsalud/invsalud/disenyo-tipo-estudio.htm>
- 16) Linsley, K. P. (1977). *Hidrología para ingenieros*. Colombia: McGraw-Hill Latinoamerica, S.A.
- 17) MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2005). *MANUAL DE HIDROMETRIA*. Lima: CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN.
- 18) Morgan, P. R. (1979). Una nueva bomba de agua: Tubo espiral. *The zimbabwe rhodesia science news*, 179-180.
- 19) Morles, V. (1994). *Planeamiento y análisis de investigaciones* (Vol. 8). Caracas, Venezuela: El Dorado.
- 20) Ortega, J. (2013). *Construcción, caracterización hidráulica y estudio de aplicación de una bomba de ariete para riego de una finca agrícola*. Tesis de Pregrado, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior.
- 21) Pellicer, J. J. (2014). *Construcción, caracterización y estudio de aplicación de una bomba de bobina al riego de una finca agrícola*. Tesis de Pregrado, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior.
- 22) Reese, A. (1819). *Las ciencias y las artes*. Bostón: First american edition.
- 23) Rocha, A. (2014). *erosión en pilares y estribos de puentes. Introducción a la hidráulica de obras viales*. Lima, Perú: ICG.
- 24) Rudolf, O. (1975). *Bomba de espiral*. California: Universidad de California.
- 25) San Miguel, A., & Andrés, E. (2012). *Rediseño del sistema de bombeo con energía no convencional (bomba de rueda)*. Tesis de Pre grado, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- 26) Scribd. (s.f.). *Bomba de espiral*. Recuperado el 18 de Abril de 2017, de <https://es.scribd.com/doc/61811632/bombaaespiral>
- 27) Streeter, V. (2000). *Mecánica de fluidos* (Vol. 9). México: McGraw-Hill Latinoamerica, S.A.
- 28) Tailer, P. (1986). The spiral pump. *La bomba - una elevación alta*, 50.

- 29) Terán, M. A. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas de espiral 2012*. Tesis de pre Grado, Sangolquí: Escuela politécnica del ejército.
- 30) Visscher, J. (1996). *Tendencias en la Política del Sector Agua y Saneamiento en Procesos de Cambio*. Colombia: Conferencia Internacional Mejoramiento de la Calidad de Agua, Universidad del Valle.
- 31) Wikipedia. (s.f.). *Espiral de Arquímedes*. Recuperado el 16 de Abril de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Espiral_de_Arqu%C3%ADmedes
- 32) Wikipedia. (s.f.). *Ley de Boyle-Mariotte*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Boyle-Mariotte
- 33) Wikipedia. (s.f.). *Presión en un fluido*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_en_un_fluido
- 34) YouTube. (s.f.). *Water wheel pump*. Recuperado el 21 de Abril de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=mN9iLNHGOYI>
- 35) YouTube. (s.f.). *Waterwheel pump*. Recuperado el 22 de Abril de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=Lbkllccv2CI>

IX. ANEXOS.**9.1. PANEL FOTOGRÁFICO.**

Foto 1. Corte de las paletas en forma de canal de 0.15 x 0.10 m cada una.



Foto 2. Colocación de las paletas a nuestra rueda de la bomba de espiral.



Foto 3. Rueda y manguera lista para ser enrollado

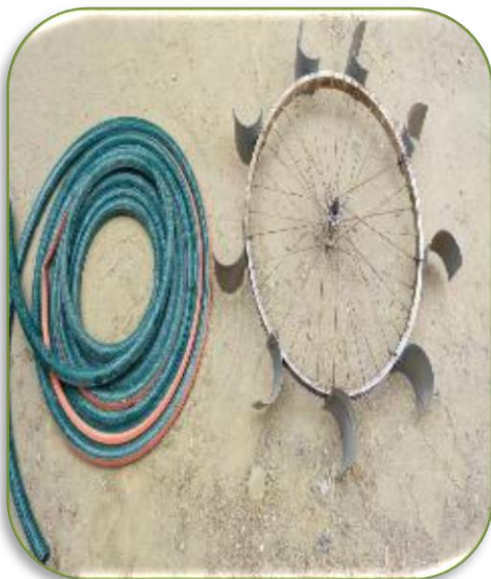


Foto 4. manguera puesta en la rueda en forma de espiral.



Foto 5. Colocación de la TEE para la manguera de descarga



Foto 6. Soldadura con autógena de la TEE al eje de la bomba de espiral



Foto 7. Armado de la estructura de soporte de la bomba de espiral.



Foto 8. Estructura de soporte de la bomba



Foto 9. Colocación de la bomba de espiral en el canal.



Foto 10. Ajuste del porcentaje de sumersión



Foto 11. Accionamiento de la bomba de espiral.



Foto 12. Caudal de descarga de la bomba de espiral.

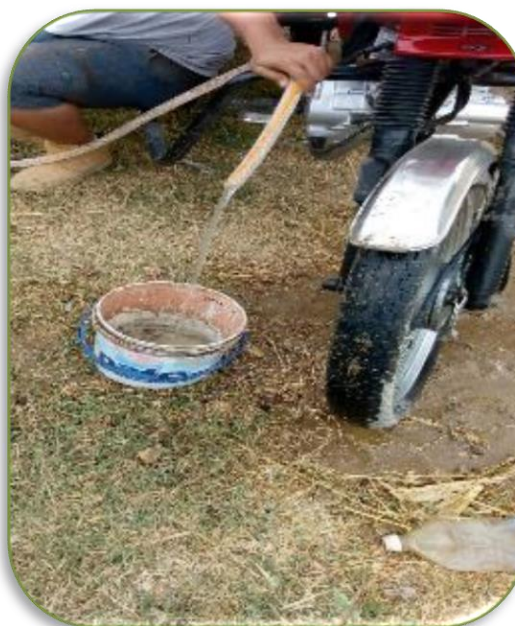


Foto 13. Colocación de la manguera de espira en la rueda.



Foto 14. Transporte de la bomba de espiral.



Foto 15. Instalación de la bomba de espiral en el lugar de prueba.



Foto 16. Caudal de descarga de la bomba de espiral.

