



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR
DE LOJA**

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL.

**“Tecnologías apropiadas en energías renovables para comunidades
rurales”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR:

Romero Guanuchi, Walter Bladimir

DIRECTOR:

Pineda Puglla, Edgar Iván, Ing.

LOJA – ECUADOR

2013



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2013

CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

Ing. Edgar Iván Pineda Puglla.

.
**DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Y DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE FIN DE TITULACIÓN;**

C E R T I F I C A:

Haber efectuado la revisión y corrección del trabajo de fin de carrera: **“Tecnologías apropiadas en energías renovables para comunidades rurales”** elaborado por el estudiante Walter Bladimir Romero Guanuchi, bajo mi dirección, habiendo cumplido con los requisitos metodológicos, teóricos y prácticos e investigativos.

Después de la revisión, análisis y corrección respectiva, autorizo su presentación para la defensa y sustentación del trabajo de fin de carrera.

Loja, octubre del 2013

Ing. Edgar Iván Pineda Puglla
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Romero Guanuchi Walter Bladimir**, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 de Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Walter Bladimir Romero Guanuchi.

1900511203

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con todo mi cariño y amor en primer lugar a Dios y la Virgen del Cisne, de manera especial a mis padres Miguel O. Romero Maldonado y Guadalupe A. Guanuchi Pineda quienes han sido los cimientos fundamentales en mi formación, por haber impartido valores, principios de personalidad, demostrándome siempre su cariño y aprecio.

A mis hermanos Nelson, Ernan y Loida, quienes en las noches de desvelos y en el desarrollo del presente me han brindado su compañía, apoyándome e incentivándome para seguir adelante.

Adicionalmente a Karla mi compañera de mi vida universitaria; a mi amada hija Josselyn la dueña de todas mis alegrías, tristezas por ser un encanto y el regalo más grandiosas con el que Dios me ha bendecido.

A todos mis tíos, tías, primos, primas, sobrinos, sobrinas, quisiera nombrarlos a cada uno de ustedes pero son numerosos, eso no significa que me haya olvidado, en especial a Willan y Miguel que han formado una parte importante de mi vida considerándolos como hermanos, mis abuelos maternos Emiliano y Amalia, a la memoria de mis abuelos paternos María Mercedes y José Víctor.

A ellos, y todos mis amigos que gracias a sus palabras y su apoyo incuestionable, que nunca me ha faltado en estos largos caminos de la vida, en los buenos y malos momentos.

Walter Bladimir Romero Guanuchi

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Escuela de Ingeniería Civil, por haberme brindado la oportunidad y realizar mis estudios en tan prestigiosa Escuela, de la misma manera a la Universidad Técnica Particular de Loja.

Deseo dejar constancia del profundo agradecimiento a mi compañero Max Torres, Jorge Valdivieso, Alejandro Mendoza, Patricio Briceño, Danny Guarderas y a quienes han formado parte de forma directa o indirecta en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco al Ing. Eduardo Carrión y Edgar Pineda, catedráticos de la Universidad Técnica Particular de Loja, por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto.

Por último agradezco a Dios, a mis Padres por haberme dado todo su amor, el valor, su paciencia y su apoyo incondicional que me incentivaron día a día a trabajar en esta Tesis.

Walter Bladimir Romero Guanuchi

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

C E R T I F I C A:	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE FIGURAS	viii
CAPITULO I	3
1. Generalidades	4
1.1. Introducción	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Antecedentes	5
1.4. Problemática	6
1.5. Justificación	7
1.6. Metodología	7
CAPITULO II	9
2. Marco teórico	10
2.1. Aplicabilidad de las energías alternativas	10
2.1.1. Energía hidráulica	10
2.1.2. Energía solar	10
2.1.3. Energía Eólica	10
2.2. Sistemas centralizados y descentralizados en dotación de agua y saneamiento	11
2.2.1. Sistemas centralizados	11
2.2.2. Sistemas descentralizados	11
2.3. Aspectos económicos	12
2.4. Medio ambiente	12
2.5. Aspectos técnicos	12
2.6. Aspectos sociales	14
2.7. Ventajas y desventajas	16
2.7.1. Ventajas	16
2.7.2. Desventajas	16
2.8. Tipología de sistemas descentralizados y selección de tecnologías apropiadas en dotación de agua y calefacción de agua	17
2.8.1. Bombeo	17
2.8.1.1. Ariete hidráulico	17
2.8.1.2. Aerobomba	24
2.8.1.3. Bomba EMAS de pistón	30
2.8.2. Calefacción	34
2.8.2.1. Calefón Solar instalación en paralelo	34

2.8.2.2. Calefón Solar circuito en serie.	40
CAPITULO III	44
3. Analisis y resultados.	45
3.1. Diseño e implementación de módulo de dotación de agua y calefacción solar... ..	45
3.2. Selección de tecnologías apropiadas para dotación y calefacción.....	45
3.3. Evaluación del modelo físico construido.	46
3.3.1. Ariete hidráulico.....	46
3.3.1.1.Resultados.....	46
3.3.1.2. Costos directos del ariete hidráulico.	48
3.3.2. Aerobomba.	48
3.3.2.1.Resultados.....	48
3.3.2.2. Costos directos del aerobomba.	52
3.3.3. Bomba de pistón.	53
3.3.3.1. Resultados.....	53
3.3.3.2. Costos directos de la bomba de pistón.	55
3.3.4. Calefón solar circuito en paralelo.	56
3.3.4.1. Resultados.	56
3.3.4.2. Costos directos del calefón circuito en paralelo.....	60
3.3.5. Calefón solar circuito en serie.	61
3.3.5.1. Resultados.	61
3.3.5.2. Costos directos del calefón circuito en serie.	65
3.4. Beneficios	66
CONCLUSIONES.	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.	72
ANEXOS.....	74
TABLAS DE DATOS.	75
MANUAL DE CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	77
PLANOS.....	Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	13
Tabla 2. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	13
Tabla 3. Longitud de la tubería de alimentación en función del diámetro del ariete.	23
Tabla 4. Valores de dimensiones principales de ariete.	23
Tabla 5. Ventajas y desventajas del ariete hidráulico.	24
Tabla 6. Ventajas y desventajas de la aerobomba.	30
Tabla 7. Ventajas y desventajas de la bomba de pistón.	34
Tabla 8. Porcentaje de proporción del vidrio común.	38
Tabla 9. Ventajas y desventajas del calefón solar circuito en paralelo.	39
Tabla 10. Ventajas y desventajas del calefón solar conexión en serie	43
Tabla 11. Rendimiento energético del ariete hidráulico.	47
Tabla 12. Caudal del ariete hidráulico.	47
Tabla 13. Costos directos del ariete hidráulico.	48
Tabla 14. Numero revoluciones del aerobomba.	50
Tabla 15. Caudal de bombeo.	52
Tabla 16. Costos directos del aerobomba.	52
Tabla 17. Volumen de impulsión de la bomba de pistón.	54
Tabla 18. Volumen del con bombeo manual.	55
Tabla 19. Costos directos de la bomba de pistón.	55
Tabla 20. Relación de temperaturas del calefón circuito en paralelo.	56
Tabla 21. Datos de agua caliente para una temperatura de 24,5°C, circuito en paralelo.	57
Tabla 22. Datos de agua caliente para una temperatura de 24 °C circuito en paralelo.	58
Tabla 23. Costos directos del calefón solar circuito en paralelo.	60
Tabla 24. Relación de temperaturas del circuito en serie.	61
Tabla 25. Datos de agua caliente para una temperatura de 24 °C, circuito en serie.	62
Tabla 26. Datos de agua caliente para una temperatura de 24,5°C, circuito en serie.	63
Tabla 27. Costos directos del calefón circuito en serie.	65
Tabla 28. Análisis del gasto promedio anual.	66
Tabla 29. Análisis del costo de las tecnologías.	67
Tabla 30. Análisis del costo con el uso del gas.	67
Tabla 31. Análisis costos con el uso de electricidad.	67
Tabla 32. Análisis del costo de las tecnologías.	68
Tabla 33. Velocidades promedio y máximas mensuales 2012.	75
Tabla 34. Radiación promedio y máximas mensuales 2012.	75
Tabla 35. Temperaturas promedio y máximas mensuales 2012	76

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.	Estadísticas de abastecimiento en el Ecuador.....	15
Figura 2.	Estadísticas aprovechamiento de energía en el Ecuador.	15
Figura 3.	Principios de funcionamiento del ariete hidráulico.....	18
Figura 4.	Elementos y principio de funcionamiento del aerobomba.....	25
Figura 5.	Cierre de la válvula de pistón	31
Figura 6.	Calefón solar circuito en paralelo.	35
Figura 7.	Calefón solar circuito en serie.....	40
Figura 8.	Sitio de pruebas experimentales del ariete hidráulico.....	46
Figura 9.	Anemómetro digital.	49
Figura 10.	Conteo de número de vueltas.....	50
Figura 11.	Medición del caudal	51
Figura 12.	Altura del agarrador.	53
Figura 13.	Calculo del caudal con bombeo manual.....	54
Figura 14.	Medición de la temperatura, calefón en paralelo.	56
Figura 15.	Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24.5 °C, circuito en paralelo.	58
Figura 16.	Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en paralelo.....	59
Figura 17.	Medición de la temperatura, calefón en serie.....	61
Figura 18.	Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en serie.	63
Figura 19.	Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en serie.	64

Nomenclatura.

L_a	: Longitud de la tubería de alimentación (m).
K	: Constante que varía en un rango de (2 a 7).
H_a	: Altura de la fuente de alimentación (m).
D	: Diámetro del ariete.
D_e	: Diámetro de la tubería de entrada o alimentación.
q	: Caudal de agua bombeada (l/min)
Q	: Caudal que alimenta el ariete (l/min)
H	: Altura de bombeo (m)
h	: Altura de caída del agua (m)
n	: Eficiencia del ariete.
E_H	: Energía hidráulica en m^4 (m^3m)
Q	: Caudal requerido en m^3 expresada en un periodo de tiempo.
H	: Altura manométrica total en m.
V	: Volumen diario (l).
D	: Dotación l/hab/día.
N	: Número de habitantes (hab/día), para este caso 6 personas
V	: Volumen de agua caliente (l).
L_{mes}	: Energía necesaria para calentar el agua kWh/mes
P	: Densidad del agua considerada igual a $1000kg/m^3$
V_{mes}	: Volumen de agua caliente requerido por mes, (l)
c_p	: Calor específico del agua a presión constante igual a $4,18\text{ kJ/kg-C}$
$T_{baño}$	: Temperatura del agua caliente para consumo.
T_{amb}	: Temperatura ambiente.

RESUMEN

Las energías renovables son asunto de interés creciente porque son una alternativa que promete dar respuesta a problemáticas de contaminación y escases energética. Con el propósito de mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales, se ha desarrollado este proyecto que tiene como finalidad diseñar y construir tecnologías económicas apropiadas para la dotación y calefacción agua.

La elaboración de las tecnologías se ejecutó en el campus de la UTPL, basadas en las guías de la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS). Obteniendo el manual de construcción, operación y mantenimiento de cada una de ellas, en el que detalla, el material teórico técnico, limitantes, cuadros de materiales y costos directos de los módulos.

Palabras Claves: Ariete hidráulico, aerobomba, bomba de pistón, calefones solares, energías convencionales, energías alternativas.

ABSTRACT

Renewable energies are a matter of increasing interest because they are a promising alternative to address problems of pollution and energy shortages. In order to improve the quality of life of rural communities, this project has been developed which aims to design and build appropriate economic technologies for heating and water allocation.

The development of technologies was run on the campus of UTPL are based on the guidelines of the Mobile School for Water and Sanitation (EMAS). Getting manual construction, operation and maintenance of each of them, which details the technical theoretical material, limiting boxes of materials and direct costs of the modules.

Keywords: Hydraulic Ram, Wind pump, piston pump, solar water heaters, conventional energy and alternative energy.

CAPITULO I

1. Generalidades.

1.1. Introducción.

El Ecuador al igual que Chile, Argentina, Bolivia, Colombia, Perú y parte de Venezuela, se encuentra atravesado por la cordillera de los Andes, motivo por la cual se constituyen tres regiones geográficas, presentando características diferentes que responden a su medio ambiente natural y costumbres ancestrales. Obteniendo como resultado una gran variedad de poblaciones rurales dispersas con hábitos propios y escasos de servicios básicos; situación que resulta necesaria aplicar tecnologías aprovechando fuentes naturales acordes a cada región, es decir, teniendo en cuenta aspectos climáticos como sol, agua, viento, altitud, recursos naturales disponibles, de la misma manera la situación social y factores económicos.

Las energías renovables se adquieren de fuentes naturales ilimitadas unas por la enorme cantidad y otras porque son capaces de disminuir el calentamiento global, este tipo han formado parte importante desde tiempos remotos. Es una de las soluciones claves a los desafíos actuales que enfrenta nuestra sociedad, en muchos países, incluyendo al Ecuador fomentan la producción y el uso de este tipo de alternativas a través de enfoques diferentes a un nivel político y económico porque reconocen los beneficios que proveen.

En la actualidad existe un escenario confuso en términos energéticos, la principal causa se debe al uso sin límites de las fuentes no renovables, esta realidad obliga a utilizar energías no convencionales, tornándose necesario apoyar al desarrollo tecnológico alternativo y sustentable para un mundo solidario.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Construcción de tecnologías apropiadas en energías renovables para comunidades rurales: ariete hidráulico, aerobomba, bomba de pistón y calefones solares.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Recopilar información sobre tecnologías apropiadas.
- Construir 3 módulos de tecnologías apropiadas en energías renovables en el campus Universitario (U.T.P.L).
- Elaborar un manual de construcción, operación y mantenimiento de cada uno de los componentes del módulo implementado en el proyecto.

1.3. Antecedentes.

El descubrimiento del fuego modifica las técnicas de vida en la humanidad, utilizando la fuerza animal y las suyas propias para proveerse de servicios como el calor, la luz mediante la quema de leña. Desde entonces las energías constituyen una parte importante para satisfacer las necesidades cotidianas, en especial la solar, eólica e hidráulica. Entre las primeras aplicaciones se tiene: la navegación a vela, molinos de viento y de agua, así como también secaderos de productos agrícolas. (Renovec, 2012)

Con el invento de la máquina de Vapor, aumenta exponencialmente la disponibilidad y la explotación de los recursos no renovables dando paso a la Primera Revolución Industrial promoviendo a utilizar paulatinamente motores, renunciando las formas de aprovechamiento de las energías, por considerarse inestables en el tiempo. En 1970, al prever el agotamiento de las fuentes no convencionales y problemas ambientales que presentan las energías renovables se considera una alternativa a las tradicionales por su disponibilidad presente y futura, garantizando un menor impacto ambiental. (Renovec, 2012)

La preocupación de abastecimiento y micro riego en el área rural y sub-urbano, ocasionado por el cambio climático, incremento de la población y la poca accesibilidad a los servicios básicos, etc. En el año de 1990, Wolfgang Eloy Buhner crea en Bolivia la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS), con el interés de solucionar estos inconvenientes. A continuación se describe de manera rápida los principales métodos para el aprovechamiento de las energías

renovables, siendo estas el resultado de un proceso impulsado por tecnologías sencillas y de bajos costos elaborados por los mismos usuarios adquiriendo una gran variedad como: bombas manuales, arietes hidráulicos, calefones solares, aerobombas, perforación de pozos profundo, captaciones de agua lluvia, tanques de ferrocemento, instalaciones sanitarias, etc. (Buchner, 2007).

En el año 2012, la Universidad Técnica Particular de Loja ha creído conveniente desarrollar este proyecto como parte de la INTRANET creándose el TALLER DE HIDRÁULICA EMASER con los materiales y herramientas necesarias para elaborar este tema de tesis, con el propósito de apoyar el desarrollo de las comunidades rurales se plantean alternativas para dotación y calefacción de agua.

1.4. Problemática.

Las comunidades rurales de América del sur así como las del Ecuador y en especial la provincia de Loja, presenta una geografía irregular y variación de clima que vuelve conflictivo el diario vivir de sus habitantes, en vista que en los lugares donde se encuentran asentamientos poblacionales no cuentan con el servicio indispensable. Por lo que obliga acudir a varias fuentes y utilizar diversos medios para abastecer su hogar, empleando la fuerza del hombre o animal para cargar el agua durante largos recorridos o a su vez para elevar agua de pozos; estas actividades se han realizado durante la existencia de la humanidad impidiendo su desarrollo. Esto se debe al poco conocimiento del uso de tecnologías apropiadas en lo que se refiere a dotación, sumándose a esto los limitados recursos, el continuo cambio climático dificulta la existencia y las labores domésticas por la falta del líquido.

Otro punto importante que se debe dar solución es, la baja temperatura del agua que se presenta en climas fríos, por lo que el uso de energías se torna una necesidad básica para su desenvolvimiento.

1.5. Justificación.

La Universidad Técnica Particular de Loja a través de la INTRANET desarrolla el presente tema de tesis, con la finalidad de apoyar el progreso de las comunidades rurales utilizando las energías renovables y aplicando tecnologías de bajo costo.

El aprovechamiento de este tipo de energías se torna necesario y fundamental para fomentar el desarrollo y el crecimiento económico. Es preciso recurrir a tecnologías apropiadas para resolver los problemas de abastecimiento y baja temperatura de una manera rápida, económica, duradera y eficiente; utilizando arietes hidráulicos, aerobombas, bombas manuales y calefones solares respectivamente, tomando en consideración el cambio climático y variaciones de estado de tiempo.

El presente documento será portador de una diversidad de tecnologías apropiadas destinadas primordialmente a las comunidades rurales por la facilidad de construcción, operación y mantenimiento.

1.6. Metodología

El desarrollo del proyecto se prevé en las siguientes fases, permitiendo cumplir con el objetivo propuesto.

Fase 1: Recopilar información.

- Esta fase de investigación y clasificación de información tiene como objetivo adjuntar material teórico, bibliografía, videos y todo lo referente a conocimientos previos a la construcción de los módulos.
- Determinar el sitio estratégico de la ubicación del proyecto y las tecnologías aplicables a nuestro medio.

Fase 2: Construir 3 módulos y estructuras que componen el proyecto.

- Con la información obtenida se procede a construir los módulos tales como: ariete hidráulico, aerobomba, bombas manuales y calefones solares; cumpliendo los requerimientos básicos de construcción y considerando la aplicabilidad al medio.
- Para la construcción de los módulos se considerara las guías presentadas por la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS).

Fase 3: Elaborar el Manual de construcción, operación y mantenimiento.

- Concluida la construcción, se procede a redactar el manual de construcción operación, mantenimiento detallado paso a paso y todo lo referido al material, limitantes, cuadros de materiales, costos directos de los módulos.
- Ejecución de pruebas experimentales.

CAPITULO II

2. Marco teórico.

2.1. Aplicabilidad de las energías alternativas.

La utilización de las energías renovables se considera una alternativa a las tradicionales debido a su disponibilidad presente y futura. Las fuentes residen en fenómenos naturales y son susceptibles de transformación para ser aprovechadas, entre las principales se tiene la hidráulica, solar y eólica; garantizan el menor impacto ambiental en comparación con las ocasionadas por la combustión, mientras las convencionales, son las derivadas de recursos energéticos como el petróleo, carbón o gas natural que en la actualidad resulta difícil obtener y tienden a desaparecer porque son limitadas. (ITC, 2008).

2.1.1. Energía hidráulica.

Es provocada por el movimiento de agua, adquiriéndose al aprovechar la energía cinética y potencial de las corrientes, es un recurso natural disponible en las zonas que posee la suficiente cantidad de líquido. Se usa principalmente para generar electricidad mediante presas, tuberías, corrientes marinas y ríos, etc. (www.profesorenlinea.cl, s.f.)

2.1.2. Energía solar.

Se obtiene al captar el calor solar a través de superficies absorbentes de radiaciones solares. En la actualidad se utiliza para varios fines a continuación se describen los más importantes: calentamiento de agua, calefacción de hogares y para generar energía eléctrica. (Madrid, 2009)

2.1.3. Energía Eólica.

Resulta de convertir la fuerza del viento en energía cinética a través turbinas eólicas, transformando las corrientes de aire se transforman en otras expresiones muy útiles para llevar a cabo las diferentes actividades humanas. Actualmente, se

utiliza para generar electricidad, bombeo de agua y moler grano. (www.profesorenlinea.cl, s.f.).

2.2. Sistemas centralizados y descentralizados en dotación de agua y saneamiento.

En la actualidad, la disponibilidad de agua potable se ha convertido en una gran preocupación política, económica y medioambiental, afectando a todos los países en general. Según el VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 el Ecuador cuenta con el 28% de la población que adquiere el líquido vital de otras fuentes debido a que no tienen acceso a la red pública, por la situación geográfica, viviendas alejadas entre sí, tornándose costosa. Sin dejar de la lado el problema de la temperatura en los climas fríos.

2.2.1. Sistemas centralizados.

Consiste en brindar el servicio de agua a través de una red pública destinados a nivel general, resultan más dóciles, requieren una menor inversión, pero implica que su adaptación sea más lenta. Los organismos gubernamentales o locales se encargan de facilitar el mantenimiento y operación necesaria, cobrando un precio a los usuarios dependiendo principalmente del costo del proyecto implementado.

2.2.2. Sistemas descentralizados.

Conlleva a descongestionar y agilizar el desempeño de las alternativas para la dotación de servicios básicos a sectores; debido a sus condiciones de vida, dispersión, situación económica, requiriendo la implementación de sistemas de bajo costo, mantenimiento y operación no especializada.

2.3. Aspectos económicos.

El incremento continuo del consumo y precios de los derivados de las energías fósiles como gasolina, diesel, gas, etc., utilizados en su gran mayoría para producir energía u otros tipos de trabajo; esto se debe, no sólo a la falta de atención, sino también al poco desarrollo de este tipo de tecnologías en vista que son una competencia por los bajos costos y fácil aplicación en comunidades rurales.

El principal precio de este tipo de tecnologías es el material de construcción, en vista que los mismos usuarios realizan las labores de construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura, pero resulta económico comparado con los equipos que utilizan combustibles tradicionales, de esta manera promoviendo la eficiencia económica.

2.4. Medio ambiente.

La utilización de las energías alternativas posee grandes ventajas en vista que no producen emisiones de gases, subproductos o residuos peligrosos que puedan dañar o destruir un ecosistema. A pesar de estos aspectos positivos, la instalación de este tipo de tecnologías pueden producir una serie de perjuicios medioambientales, que son menores a los ocasionados por de otros sistemas de generación. El impacto se determina por el número de unidades instaladas, el tamaño y otros más comunes como el fenómeno: visual, fauna y efecto sombra por la extensa ocupación de terrenos.

2.5. Aspectos técnicos.

Los criterios básicos para lograr la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, es que la opción tecnológica y el nivel de servicio estén basados en las condiciones físicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida; la norma Ecuatoriana se consideran los siguientes rangos:

Tabla 1. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCION
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidades económicas del usuario
Ia	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
Ila	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
Ilb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: Norma INEN CPE INEN 005 parte 9-2:97.

Tabla 2. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (1/habxdía)	CLIMA CÁLIDO (1/habxdía)
Ia	25	30
Ib	50	65
Ila	60	85
Ilb	75	100

Fuente: Norma INEN CPE INEN 005 parte 9-2:97.

El nivel de servicio de abastecimiento de agua es **(0)** según la Tabla 1, la dotación Tabla 2., se aplica a la **(Ia)** dependiendo del tipo de clima. Según (OPS, 2006), en opciones técnicas como manantiales protegidos, pozos con bomba manual, sistemas con agua de lluvia, las dotaciones pueden ser menores de 20 l/hab/día.

La fuente se determina por la ubicación y disponibilidad de agua para ser destinada al abastecimiento y definir el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad.

La población se establece por el número de habitantes que serán beneficiados por el servicio, de ser el caso, se debe considerar la flotante y migratoria, de acuerdo a la magnitud e importancia de la localidad, se debe diferenciar las áreas asociadas y dispersas de acuerdo a la concentración de las viviendas. De acuerdo el VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 en el Ecuador existe un promedio hijos por hogar de: 4,13 cuyos padres han alcanzado el nivel de instrucción máximo en un centro de alfabetización, mientras los que tienen un estudio superior registran 1,09. En el área rural existe 1,7 por familia, el cual supera al área urbana de 1,5.

Para el sistema de agua caliente con energía solar es imprescindible que el consumo se ajuste a la realidad. Para dimensionar el calefón es conveniente disponer de datos reales de consumo de los hogares, este proyecto considera un consumo del (35% al 40%) de la dotación 20 l/día, tomando en cuenta las familias más vulnerables, aduciendo el valor de 6 integrantes.

2.6. Aspectos sociales.

Los diversos impactos económicos y las grandes ventajas ambientales al utilizar energías alternativas, tienen un importante acogimiento social, porque mejora las condiciones de vida y de salud al no estar expuestos a los desechos peligrosos o emisiones generadas por los combustibles fósiles.

Según el VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 en nuestro país existen el 28% de la población no recibe agua por tubería si no por otros medios, en siguiente figura se muestra las condiciones de los servicios básicos:

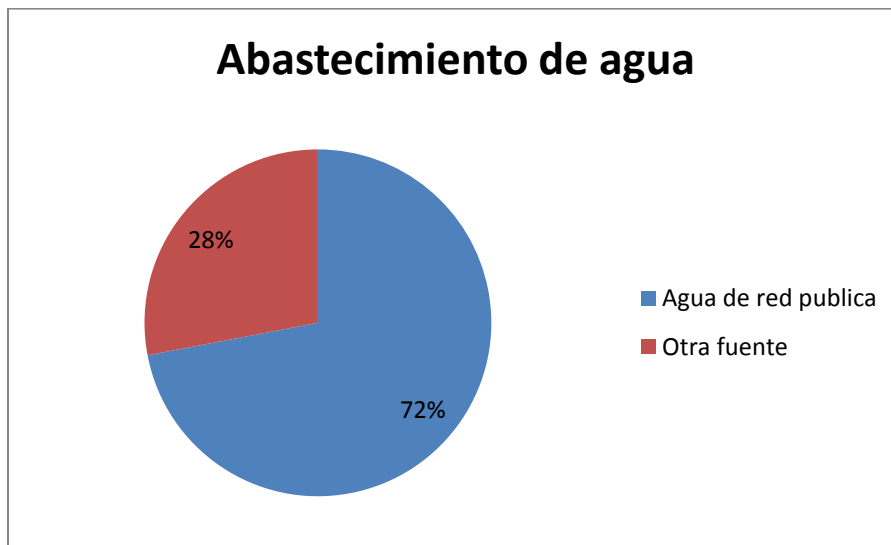


Figura 1. Estadísticas de abastecimiento en el Ecuador.
Fuente: Instituto Nacional De Estadística Y Censos - Inec, Ecuador (CENSO, 2010)

El uso de energía solar en el Ecuador no es una práctica común, de acuerdo a los resultados del Censo de Población y Vivienda del 2010, menos del 1% de las viviendas particulares utilizan este tipo de fuente de energía alterna, para producir electricidad o calentar agua.

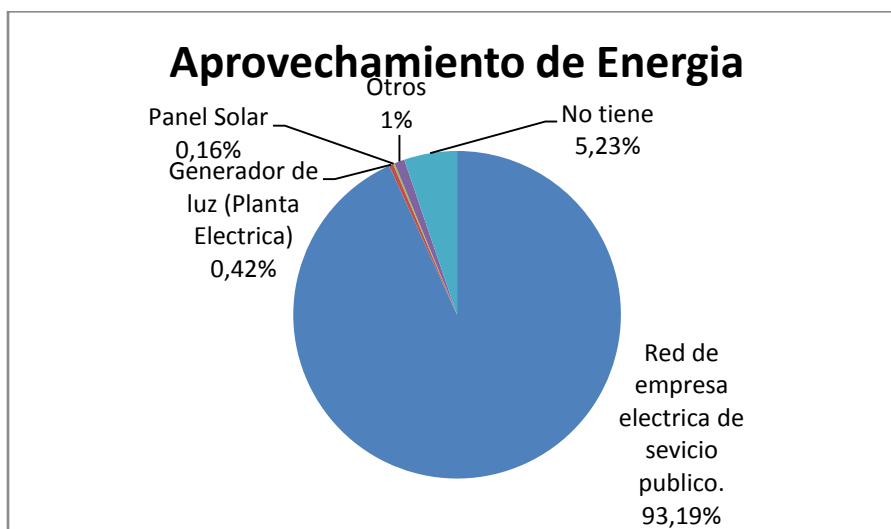


Figura 2. Estadísticas aprovechamiento de energía en el Ecuador.
Fuente: Instituto Nacional De Estadística Y Censos - Inec, Ecuador (CENSO, 2010)

2.7. Ventajas y desventajas.

2.7.1. Ventajas.

Este tipo de tecnologías ayudan a proteger y cuidar el medio ambiente, no emiten cenizas, ni residuos peligrosos para la salud.

Las aplicaciones son económicas, fáciles de construir, desmontar y se desarrollan en el lugar donde se instala, no requieren de tecnología especializada.

Se trata de fuentes inagotables, como el sol, el agua y el viento permiten amplia aplicación en varios escenarios.

Son sistemas autónomos, por lo que no dependen del abastecimiento externo a la propia instalación, contribuyendo al desarrollo económico local.

2.7.2. Desventajas.

A pesar que son muy amigables con el medio ambiente, existen desventajas aunque no en mayor magnitud comparada con las convencionales.

La disponibilidad es su principal problema, no siempre se cuenta con ellas en el lugar que se requiere y se debe esperar que haya suficiente almacenamiento.

El impacto ambiental generado se determina por el número de unidades instaladas, el tamaño, otros más comunes como el de efecto de fauna y visual por la ocupación de terreno.

2.8. Tipología de sistemas descentralizados y selección de tecnologías apropiadas en dotación de agua y calefacción de agua.

Este proyecto se encamina al bombeo de agua, considerando un conjunto de procesos y pasos para abastecer al consumo humano y la agricultura. Se capta el líquido de pozos, micro cuencas o recolección de aguas lluvias, etc., posteriormente se utiliza tanques para su almacenamiento y distribución respectiva. Así mismo, se orienta a la calefacción a partir de la radiación solar, para ser conducida hacia los aparatos sanitarios o puntos de consumo.

2.8.1. Bombeo.

2.8.1.1. Ariete hidráulico.

El ariete hidráulico en términos generales es una maquina auto operante que eleva agua desde un nivel inferior a uno superior, utilizando la energía cinética

a) Funcionamiento del ariete hidráulico.

Según (Izquierdo et al, 1992), en base a la Figura 3, el agua proveniente de la fuente de alimentación (1), elevada con altura H_a , desciende por el efecto de la gravedad a través de la tubería (2), se derrama en la válvula de impulso o ímpetu (4), esto sucede hasta que el líquido adquiera la velocidad suficiente y genere una presión dinámica capaz de cerrarla, contrarrestando su peso. El cierre repentino de la válvula de impulso produce una sobrepresión en la tubería de alimentación, este fenómeno es conocido como golpe de ariete. La válvula check (6) se abre como consecuencia de dicha sobre presión causada por la válvula de impulso, permitiendo el paso de cierta cantidad de agua hacia la cámara de aire (4), comprimiendo el aire existente y la otra cantidad de agua (q) fluye por la tubería de descarga (7). Mientras que el retroceso del agua en la tubería de alimentación produce una ligera succión en el cuerpo del ariete o la caja de válvulas (3), creando una caída de presión que produce la apertura de la válvula

de descarga; de esta forma se crean las condiciones para que se repita el ciclo de operaciones.

El aire comprimido en la cámara continúa expulsando el líquido o almacenado en la tubería de descarga, logrando una entrega de agua casi uniforme al tanque de almacenamiento (8).

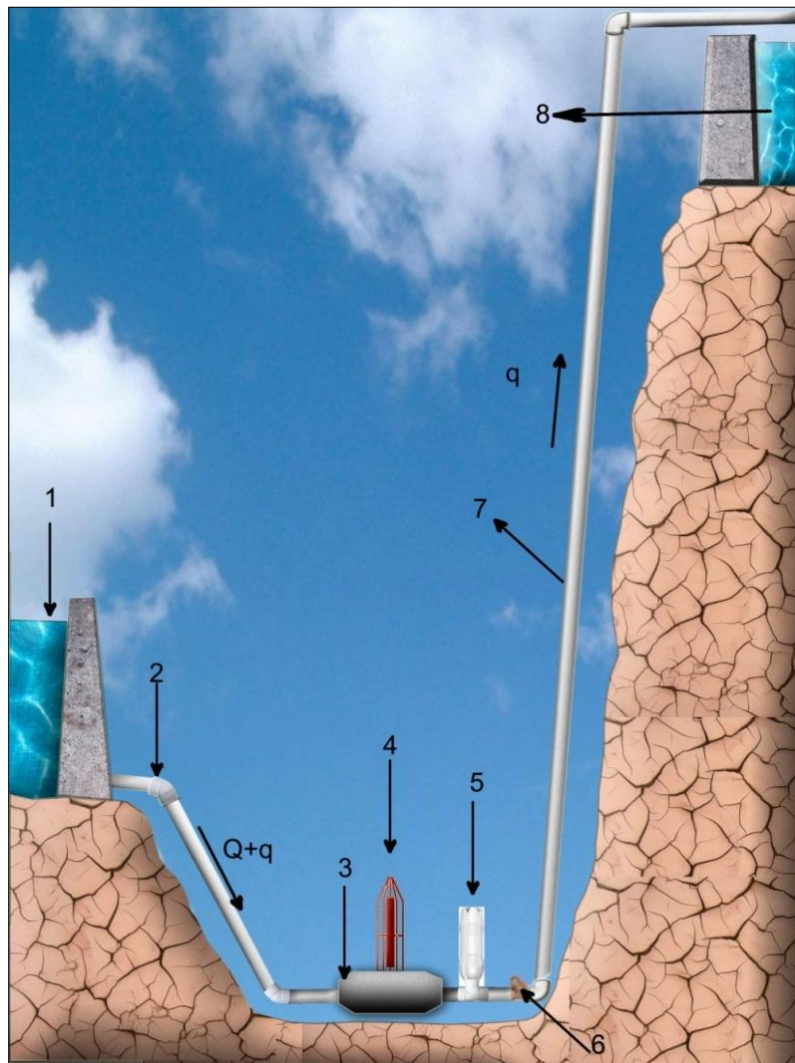


Figura 3. Principios de funcionamiento del ariete hidráulico.
Fuente: El Autor.

b) Elementos del ariete.

Basada (Izquierdo et al, 1992). El cuerpo del ariete es estructuralmente simple; constituido por accesorios de tubería HG, accesorios de PVC y HG cuyos elementos están unidos con pernos, mediante soldadura o ensambladas. A continuación se describe los elementos principales:

- Válvula de impulso o de ímpetu (4).

Es la encargada de ocasionar el golpe de ariete por el violento cierre y abertura, basada en el incremento de la velocidad del agua, se considera la parte móvil más importante, también permite regular la cantidad del líquido que debe entrar en la cámara de aire, lo que variara el número de golpes por minuto o frecuencia

- Válvula check (6).

La válvula check juega un papel fundamental permitiendo el paso del agua desde la caja válvulas hacia la cámara de aire, sin permitir el retroceso al cerrarse por efectos del rebote que se produce con el aire comprimido dentro la cámara de aire, lo que permite que el líquido sea elevada hasta un nivel mayor que la fuente de alimentación. Este tipo de válvulas debe garantizar su hermeticidad de esa manera evitará pérdidas en la eficiencia y rendimiento.

- Caja de Válvulas (3).

Es la base del ariete hidráulico, en este sistema se ensamblara la válvula de impulso, tubería de alimentación y descarga, además se produce la inversión de la honda de presión.

- Cámara de Aire (5).

Es el mecanismo encargado de conservar el aire, además tiene la misión controlar la cantidad de agua que circulará a través de la tubería de descarga logrando un caudal casi continuo a un nivel superior al de la captación, resulta indispensable en vista que absorbe la sobre presión y funciona como amortiguador de los golpes de ariete.

c) Criterios de Selección.

Para aplicar este tipo de tecnología se encausan quebradas o ríos, arroyo, vertientes o canales de escurrimiento superficial, considerando que el caudal de ingreso sea mayor al de consumo, de esta manera elevar el nivel del espejo de agua en el tanque de almacenamiento.

- Las características terreno deben poseer ventajas topográficas para la colocación de la tubería de alimentación, desde el almacenamiento hasta la bomba de ariete, de tal forma que el ensamblado del conducto este perfectamente rectilíneo.
- La cantidad del líquido proveniente de la fuente debe ser suficiente tomando en consideración los caudales máximos y estiaje; además evitar en su totalidad el arrastre impurezas.
- La caída de agua, debe tener una altura H_a de (1 a 15) m, de esta manera se suministrará potencia necesaria para elevar el agua hacia el depósito de descarga. No es necesario tener una gran caída H_a , para su funcionamiento, es suficiente una caída de 1 m de altura para obtener buenos resultados, tomando en cuenta que la bomba está en funcionamiento las 24 horas del día, con poco caudal puede abastecerse a pequeñas poblaciones. (Buchner, 2007).

d) Criterios de diseño.

La tubería de alimentación debe ser material que resista las presiones estáticas y las producidas por el golpe de ariete. Las consideraciones de diseño descritas, se basan (Izquierdo et al, 1992).

La longitud de la tubería de alimentación:

- En función de la altura H_a .

$$L_a = k \times H_a$$

Ecuación 1.

Donde.

L_a : Longitud de la tubería de alimentación (m).

K : Constante que varía en un rango de (2 a 7).

H_a : Altura de la fuente de alimentación (m).

- En función del diámetro del ariete.

Longitud mínima. $L_a = 150 \times D$ Ecuación 2.

Longitud óptima. $L_a = 500 \times D$ Ecuación 3.

Longitud máxima. $L_a = 500 \times D$ Ecuación 4.

Dónde:

L_a : Longitud de la tubería de alimentación (m).

D : Diámetro del ariete (m).

Dimensionamiento de las principales partes de la máquina:

Para el diseño del prototipo de un ariete hidráulico se recurre a las siguientes relaciones:

Diámetro de la válvula check = $0,5 \times D_e$ Ecuación 5.

Diámetro de la cámara de aire = $2 \times D_e$ a $3 \times D_e$ Ecuación 6.

Altura de la cámara de aire = 0,5 a 1 metro. Ecuación 7.

Diámetro de la tubería de descarga = $0,3 \times D_e$ a $0,5 \times D_e$ Ecuación 8.

Dónde:

D_e : Diámetro de la tubería de entrada o alimentación (m).

Esta tecnología se adapta en viviendas y escuelas de zonas rurales y urbanas, donde el abastecimiento de agua es escaso y requiere de bombeo. (Buchner, 2007).

Para determinar el tipo de arte se utiliza la siguiente formula.

$$q = \frac{Q \times n}{\frac{H}{h}} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Dónde:

q : Caudal de agua bombeada (l/min)

Q : Caudal que alimenta el ariete (l/min)

H : Altura de bombeo (m)

H : Altura de caída del agua (m)

n : Eficiencia del ariete.

e) Aspectos constructivos.

Estas máquinas enmarcan varios aspectos: facilidad de fabricación, transporte montaje y desmontaje; por lo que las actividades que tienen por objeto la concepción de un producto adecuado y permitan su fabricación o construcción.

Utilizando una check como válvula de descarga y la cámara de aire está constituida por una botella desechable. El cuerpo del ariete esta ensamblado de piezas de acero galvanizado, accesibles en los mercados locales nacionales. La válvula de impulso está constituida por una estructura de varilla, reducciones y la válvula de motor de carro. Está dotada de un sistema de regulación que permite optimizar el rendimiento para un mismo ariete en distintas instalaciones.

Considerando las Ecuaciones (1 hasta la 4) para el dimensionamiento de la tubería de alimentación, se utiliza el resultado de las ecuaciones 2 y 3, que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 3. Longitud de la tubería de alimentación en función del diámetro del ariete.

K	D (pul)	L_a (m)
150	2	7,62
500	2	25,4

Fuente: El autor.

Para este diseño particular, se adopta una longitud $L_a = 12$ m.

En la presente investigación se consideran las siguientes dimensiones del cuerpo del ariete.

Tabla 4. Valores de dimensiones principales de ariete.

Descripción	Dimensión.
Diámetro de entrada.	2 pulg.
Diámetro de la válvula check.	1 pulg.
Diámetro de la cámara de aire	4 pulg.
Altura de la cámara de aire.	50 cm
Diámetro de descarga.	1/2 pulg.

Fuente: El autor.

La tubería de alimentación se debe instalar a una altura 10 cm de la base del tanque y colocar filtros a la entrada de la misma para evitar el ingreso de sedimentos u otro tipo de material.

f) Ventajas y desventajas del ariete hidraulico.

Tabla 5. Ventajas y desventajas del ariete hidráulico.

Ventajas:	Desventajas:
• Permite bombear el agua hacia un nivel superior o tanque de almacenamiento. • Es una maquina auto operante. • Fabricación local. • Fácil construcción. • No requiere de mano de obra especializada. • Trabaja las 24 horas al día.	• Depende del caudal de la fuente de agua, ocasiona disminución de caudal de impulsión en caso de no disponer. • Depende de la altura de caída. • La vibración puede dañar a la bomba. • Se requiere caudales mayores al necesario. • Si el líquido es destinado para consumo humano requiere tratamiento.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

2.8.1.2. Aerobomba.

Este tipo de tecnología permite solventar el problema de bombeo, se aplica en lugares alejados donde resulta difícil acceder al servicio de energía eléctrica o combustibles, su ubicación depende de la disponibilidad del recurso hidráulico, utilizando el viento como fuente de energía, cuyo suministro se utiliza para consumo y otros usos.

a) Principios de funcionamiento.

El aire es una mezcla de gases y otras sustancias en suspensión que compone la atmosfera y permanecen sujetas por la fuerza de gravedad. La generación del viento se produce cuando el sol calienta la tierra, el aire frío proveniente del mar, al pasar por ella adquiere su temperatura tornándose menos denso y tiende a ascender, la turbulencia depende de los obstáculos que se encuentre a su paso. (Madrid, 2009)

Se describe considerando la Figura 4, al ponerse en contacto el viento con la superficie de las aspas (5), tienden a girar generando una energía rotacional, esto permite transmitir a través del eje rotor principal hacia la parte posterior donde el movimiento rotacional se convierte en lineal por medio de una leva (6), esta es la encargada de ocasionar el sube y baja, que a su vez se trasmite al brazo o

palanca (7) a la que se instalará una tubería para colocar la bomba EMASER para extraer y elevar agua. (Buchner, 2007).



Figura 4. Elementos y principio de funcionamiento del aerobomba.
Fuente: Autor

b) Elementos.

Basada en (Madrid, 2009). Estos molinos de viento son sencillos de construir ya que no se necesita un engranaje, esto significa un mayor rendimiento. Tomando en consideración su estructura a continuación se describirá de manera detallada los elementos que lo conforman:

- Base de sujeción de hormigón (1).

Es la parte más importante de la seguridad del aerobomba, de ella depende la estabilidad y como tal el buen funcionamiento.

- Torre del aerobomba (2).

Es la encargada de sujetar los elementos antes mencionados, mientras más alta sea la torre, se tiene la posibilidad de conseguir vientos de mayor velocidad y alejarse de las turbulencias, el sitio de ubicación del molino está en función de las necesidades y la disponibilidad de agua.

- Escaleras de acceso (3).

Es el acceso principal a los elementos de la aerobomba, para labores de inspección y mantenimiento.

- Sistema de orientación (4).

Resulta útil precisar el papel que desempeña la cola de dirección, los aerogeneradores de eje horizontal, necesitan de este mecanismo para ubicarse de frente al viento capturando la mayor cantidad de energía.

- Aspas (5).

Es la parte expuesta al viento, al girar sus paletas genera la energía rotacional que se transmite al eje rotor.

- Eje rotor.

Recibe la energía procedente de las hélices y transmite a la leva. Se compone principalmente de rulimanes.

- Leva (6).

Este elemento permite transformar el movimiento rotacional en lineal.

- Brazo o palanca de fuerza (7).

Encargada de transferir el movimiento lineal producido por la leva hacia el centro de la aerobomba, a la que se conecta la bomba manual EMAS, por medio de una extensión.

- Bomba EMAS.

Es la encargada de bombear el agua desde el pozo hacia el depósito o tanque de almacenamiento, en el apartado 2.8.1.3 se enfoca en este tema.

c) Criterios de selección aerobomba.

Para la elección de esta tecnología, se toma en consideración la velocidad del viento en el sitio de construcción, además la capacidad y cantidad de agua requerida diariamente, y la altura del tanque de almacenamiento.

- Este tipo de aerobombas están diseñadas para comenzar a bombear con vientos cercanos a los 3 m/s, y mantener operación de bombeo hasta velocidades de vientos de 8 m/s, por encima de esta velocidad el equipo se debe detener para evitar excesivas cargas y evitar daños en los elementos del sistema.
- Generalmente el dimensionamiento volumétrico de la cisterna se determina para almacenar entre (0.5 a 2) días de suministro de agua. La acumulación mayor a este tiempo resulta costosa, pero en ocasiones por la situación geográfica en la que se encuentra es más beneficioso realizar depósitos de reservas. La selección del tipo de tanque depende de circunstancias, aplicación y materiales locales definirán el costo del tanque y manera en que este puede ser construido.
- La entrega del fluido varía lo largo del día, el tanque de almacenamiento debe permitir acumular cantidades adicionales de agua que se pueden obtener en periodos de viento de alta intensidad, compensando con aquellos periodos de calma en los cuales no hay bombeo.
- El volumen de almacenamiento depende de la aplicación, se utiliza un tanque elevado sobre una torre o simplemente colocado al ras de piso. Para sistemas de distribución se tendrá que cuantificar las pérdidas hidráulicas por fricción en tubería y accesorios hidráulicos como válvulas, rociadores, etc

- La colocación de la aerobomba, es preferible un sitio con la mínima cantidad de obstáculos, se debe ubicar donde reciba la máxima cantidad de viento, tanto en duración como en velocidad. A continuación se detalla varias sugerencias de ubicación:
 - Este lejos de obstáculos (árboles y edificios altos)
 - Sobresalga lo suficiente de los obstáculos.
 - Reciba el viento predominante.
 - Se evite al máximo el viento turbulento.
- En caso de requerirse un mayor volumen de explotación, es posible la instalación de aerobombas en paralelo, con la finalidad de cumplir con la demanda. El número de aerogeneradores depende de la existencia de los pozos excavados o perforados.

Este tipo de bombas se utilizan, en efluentes de las plantas de tratamiento de agua residuales domésticas, es factible su aplicación en zonas del Altiplano. (Buchner, 2007).

d) Criterios de diseño.

La selección de cualquier estrategia para la extracción de abastecimiento de agua se deberá tener en cuenta los requerimientos del usuario, considerando que el caudal de concurrencia debe ser mayor al impulsado para cumplir una demanda específica. Si la calidad del agua no cumple las exigencias de potabilidad, se deberá adicionar un tratamiento.

Basado en (Jober, 2003), una vez cuantificada la demanda en un periodo de tiempo, la altura de bombeo considera las pérdidas por longitud, accesorios. La demanda total de energía hidráulica se calcula a través de:

$$E_H = Q \times H \quad \text{Ecuación 10.}$$

Dónde:

E_H : Energía hidráulica en m^4 (m^3m)

Q : Caudal requerido en m^3 expresada en un periodo de tiempo.

H : Altura manométrica total en (m).

Se utiliza una relación empírica sencilla para dimensionar equipos de aerobombear y la cual permite aproximarse a un estimativo de la entrega promedio de potencia y, por ende, energía hidráulica durante un periodo dado de tiempo. Esta relación se basa en (UPME, 2003):

$$\bar{P} = 0.1 \times A \times V^3 \quad \text{Ecuación 11.}$$

Dónde:

$\bar{P}$: Potencia eólica promedio durante el periodo de estimación (W).

A : Área del rotor (m^2) y

V : Velocidad promedio del viento en el periodo de estimación (m/s).

Deduciendo la Ecuación 10, y con la finalidad de estimar la energía hidráulica anual que suministra la aerobomba es:

$$E_H = 0.1 \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times V^3 \times t \quad \text{Ecuación 12.}$$

Dónde:

E_H : Energía hidráulica en m^4 (m^3m)

D : Diámetro de las aspas de la aerobomba (m).

V : Velocidad promedio del viento en el periodo de estimación (m/s) y

t : Tiempo (8760 horas/año).

e) Aspectos constructivos.

El rotor es de eje rotacional horizontal, está provisto de 8 palas, construida con aspas de acero galvanizado para soportar inclemencias del tiempo y guiado por una cola de dirección la cual actúa a una velocidad del viento mayor a 3 m/s, las aspas tienen un diámetro de 2.50 m.

Para detener totalmente el giro del rotor para operaciones de mantenimiento y/o parar el bombeo de agua se debe realizar manualmente. La torre eólica es una

estructura en forma de trípode auto portante construida con de acero estructural de 4,5 m de altura.

f) Ventajas y desventajas.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de la aerobomba.

Ventajas:	Desventajas:
• Fabricación nacional. • Operación y mantenimiento sencillo. • Costo inicial bajo. • Durable. • Construcción rápida. • Es adaptable para aguas turbias solo con el cambio de la válvula de pie.	• Producción de agua limitada y está en función de la velocidad del viento. • Presión de impulsión limitada. • Impacto sobre la avifauna: principalmente por el choque de las aves contra las palas, efectos desconocidos sobre modificación de los comportamientos habituales de migración y anidación. • El caudal de oferta del pozo deberá ser mayor a lo impulsado por la bomba.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

2.8.1.3. Bomba EMAS de pistón.

Es una tecnología simple que permite extraer agua de pozos excavados o perforados desde una profundidad máxima de 12 m, utilizando la fuerza humana para funcionamiento, es similar a un inflador, por lo que la extracción es discontinua.

a) Principios de funcionamiento.

La fuerza humana o la instalación de aeromotor es la que permite la operación. Este tipo de bombas están compuestas por dos válvulas la de pie y la de pistón, cuando el agarrador se levanta se abre la de pie y se cierra la de pistón hasta que se llena el cilindro Figura 5a, una vez lleno, baja el agarrador y expulsa el agua del espacio ocupado, la válvula de pie, en ese momento se convierte en la cierra impidiendo que regrese el agua y la válvula de pistón se abre obligando a salir Figura 5b, tienen el funcionamiento similar al de la check. (Buchner, 2007).

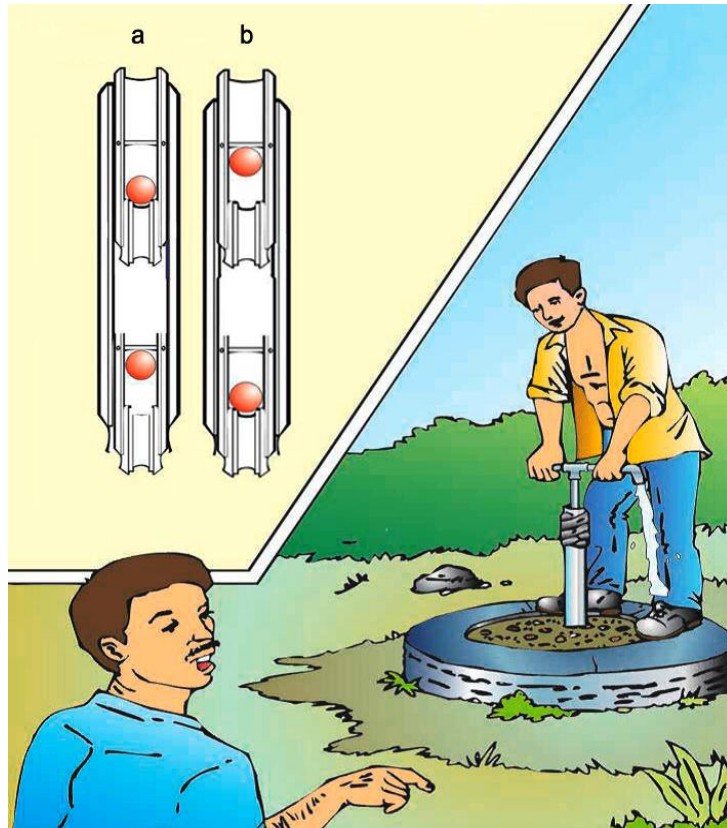


Figura 5. Cierre de la válvula de pistón

Fuente: Guía Técnica del **FRAG**, Equipos de Bombeo Manual 1.

b) Elementos de la bomba.

Según (Buchner, 2007), la estructura de la bomba está compuesto principalmente por los elementos por: el agarrador, cuerpo, soporte rígido, válvula de pie y de pistón.

- **Válvula de pie.**

Es la encargada de regular el flujo de la bomba desde la cisterna hacía el cilindro o cuerpo de la bomba, permitiendo el paso pero no el retroceso de la misma.

- **Válvula de pistón.**

Tiene la misma funcionalidad que la válvula de pie, pero permitiendo el paso del agua desde el cilindro hacia el agarrador.

- Agarrador.

Elemento de la bomba que es utilizada para levantar y bajar la válvula de pistón, y expulsar el agua a través de él.

- Cuerpo de la bomba.

Este elemento es utilizado como guía, camisa y cilindro de la bomba donde se acumula el agua para ser expulsada al exterior por la válvula de pistón.

- Soporte rígido.

Permite fijar e inmovilizar la bomba con la finalidad de prestar seguridad, debe estar lo más cerca posible de la línea vertical con el objeto de evitar esfuerzos excesivos debido al movimiento realizado por el bombeo.

c) Criterios de selección

La bomba manual de pistón, es una opción para el abastecimiento, en zonas urbanas donde las condiciones no sean favorables, es apta para una familia o grupo de familias concentradas.

- Los pozos excavados o perforado constituyen una de las técnicas más sencillas para acceder al agua subterránea contenida en acuíferos cercanos a la superficie del terreno y varía entre (1 a 1,5) m de diámetro, también se utiliza tanques de ferrocemento para captación de aguas lluvias.
- La entrega del líquido depende de las necesidades del usuario.
- El tanque de almacenamiento debe permite almacenar cantidades adicionales y ubicar sobre tanque elevado, una torre o simplemente colocado al ras de piso.

d) Criterios de diseño.

Este tipo de bombas no tienen una base de diseño específico, el fundamento de esta tecnologías son experiencias obtenidas en el campo durante muchos años de trabajo e investigación. El caudal de cada bombeo depende de la altura a la que se levanta el agarrador, pero en general está alrededor de (0,2 a 0,5) l por bombeo, o sea (15 a 30) l/min. (Buchner, 2007).

$$V = D \times n$$

Ecuación 13.

Dónde:

V : Volumen diario (l).

D : Dotación (l/hab/día).

n : número de habitantes (hab/día), para este caso 6 personas.

e) Aspectos constructivos

El agarrador es accesorios de tubería PVC de ½ " de rosca, la válvula pistón está constituida por tubería de rosca ½" y la ¾ " ampliada, además colocada un empaque de llanta, mientras que la de pie es de ¾" y la de ½ " reducida, el cuerpo de la bomba es de tubería PVC de 32 x1,5 mm y se acopla la válvula de pie.

f) Ventajas y desventajas.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de la bomba de pistón.

Ventajas:	Desventajas:
• Es una bomba que permite elevar a una altura considerable. • No provoca contaminación al agua. • Se implementa en el lugar que se requiera. • Operación y mantenimiento sencillo. • Costo inicial bajo. • Construcción rápida. • Ayuda el uso racional del agua, porque extrae lo necesario.	• Producción de agua limitada, requiere de esfuerzo físico. • La producción de agua es discontinua. • Para elevar a alturas mayores a lo recomendado, requiere mucho esfuerzo. • Por ser de fabricación artesanal, no siempre es controlado en su calidad. • Vida útil de 3 a 6 años • Solo es apto para el consumo doméstico o uso de higiene personal como una ducha, lavamanos, etc.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

2.8.2. Calefacción.

2.8.2.1. Calefón Solar instalación en paralelo.

Se encargan de capturar la energía del sol y transferirla al agua, por lo general se colocan sobre techos o en algún lugar donde capte la mayor cantidad de radiación.

a) Principios de funcionamiento.

Los de calefones solares de circuito hidráulico en paralelo Figura 6. Utilizando una caja metálica pintada de color negro (1), para absorber la máxima radiación solar y ser convertida en calor, para evitar pérdidas de energía en la parte superior se utiliza de vidrio o de plástico transparente (3), permitiendo que penetre la luz solar pero evitando el escape de la radiación infrarroja emitida de la placa caliente.

El calor es transferido al circuito hidráulico (2), compuesto por tubos colocados longitudinalmente de manera que el fluido frío ingrese por la parte inferior y salga por la superior debido a su menor densidad, en este tipo de calefones tienen la

particularidad que el líquido realiza recorrido con distancias iguales por cada una de las tuberías, dando temperaturas altas y disminuyendo rápidamente en forma progresiva. (Shyam S. Nandwani, 2005).

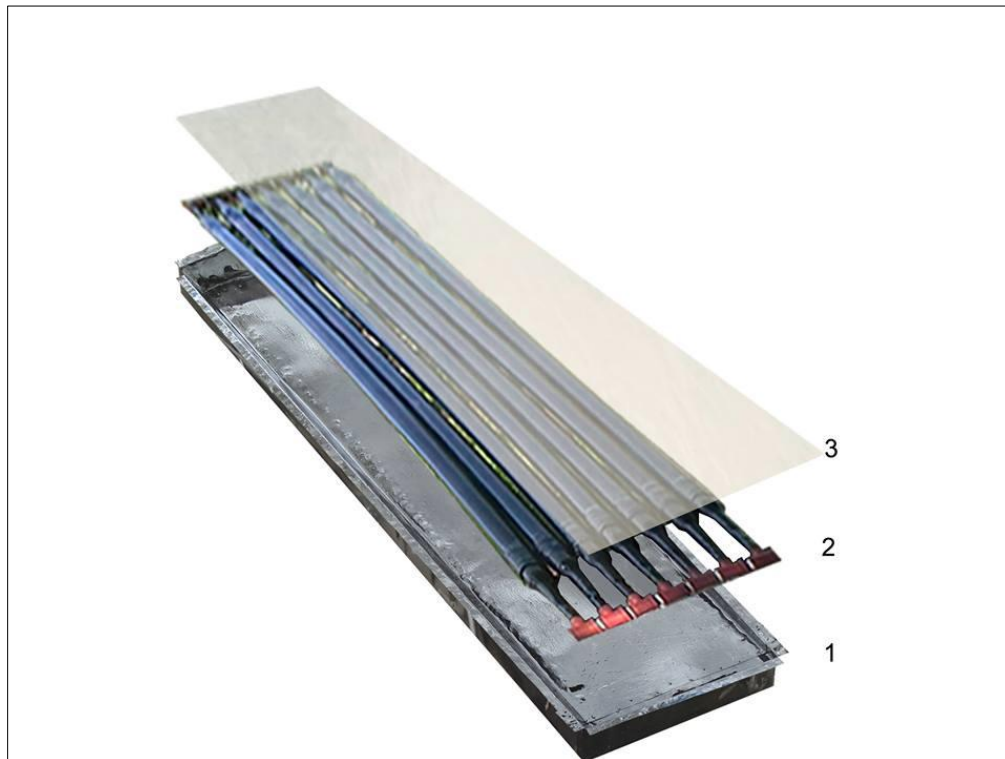


Figura 6. Calefón solar circuito en paralelo.
Fuente: Autor.

b) Elementos del calefón.

Basado en (Madrid, 2009), el cuerpo del calefón constituye una estructura simple, esta ensamblada con elementos como: botellas de vidrio, manguera flexible y otros elementos como las tees y codos PVC de rosca. etc. De manera sencilla y ordenada describen sus elementos:

- Sistema de captación (1 y 3).

Permiten el aprovechamiento energético directo de la radiación solar a través de la caja metálica protegido en la parte superior con vidrio transparente de 4 mm que permite paso de los rayos y transformar en energía térmica.

- Circuito hidráulico (2).

Está constituido por tuberías, botellas de vidrio y accesorios PVC (uniones, tees, neplos), manguera flexible, etc. Que se encargan de conducir el agua portadora de calor para ser utilizado o almacenado; este sistema tiene una misma longitud de recorrido desde su ingreso hasta el punto de consumo o acumulación.

- Sistema de ventilación.

Encargado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía térmica posible y sirve como protección frente a la acción de sobrecalentamiento en el sistema, además evita el empañó por el cambio brusco de temperatura.

- Sistema de acumulación.

Compuesto por uno o varios depósitos de almacenamiento de agua caliente hasta que precise su uso.

c) Criterios de selección.

Independiente de la aplicación, se debe ubicar en un lugar donde reciba la máxima radiación solar esto puede ser: en el techo, patio o lugar donde resulte más conveniente y evitando la presencia de obstáculos en la línea de incidencia de los rayos, además se debe considerar los siguientes aspectos: la instalación, cantidad de agua y presiones.

- Lograr la mayor incidencia solar durante diferentes horas del día y diferentes meses del año, debe estar fijado a una estructura y colocar con ángulo de inclinación longitudinal (5° a 20°). (Buchner, 2007).
- El ingreso de agua en el calefón solar se ubicara en la parte inferior, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la separación del agua en su interior, mientras que la salida hacia consumo situada en la parte superior.

- Este tipo de calefones son capaces de soportar presiones de trabajo hasta a 5 m.c.a en su instalación, por lo que se recomienda no realizar instalaciones directas de la red pública, por lo que se recomienda utilizar al tanque de almacenamiento. (Buchner, 2007)
- La cantidad de agua caliente consumida en 1 día para este tipo de tecnologías, se considera el (35% al 40%) de la sanitaria en vista que se considera una dotación 20 l/día.

d) Criterios de diseño.

Esta tecnología se basa en experiencias obtenidas en el campo durante muchos años de trabajo e investigación. Para calcular el volumen de consumo de agua caliente sanitaria se realiza a través de la siguiente ecuación.

$$V = D \times n \times K \quad \text{Ecuación 14.}$$

Siendo:

V : Volumen de agua caliente en (l).

D : Dotación de agua caliente en (l/hab/ día),

n : Número de habitantes/día, se asume el valor de 6 miembros por familia y

K : Varía de (35% a 40%).

Calculo de la radiación Solar.

Es una de las consideraciones más importantes, está definida por la cantidad que llega a la parte superior del calefón solar, se relaciona directamente con el ángulo de inclinación del mismo.

La mayor parte del calor que entra a través de los vidrios lo hace por radiación directamente, porque son transparentes a la luz visible y también a la radiación infrarroja de alta frecuencia. La proporción reflejada, absorbida o transmitida dependerá de las características, (U.B.A), considera las siguientes proporciones para el común.

Tabla 8. Porcentaje de proporción del vidrio común.

Proporción	Porcentaje
Reflexión	8%
Absorción	6%
Transmisión	86%

Fuente: Información recopilada, UBA.

El vidrio común entonces permite pasar un 86% del calor radiante recibido en forma directa, más un 40% del 6%, es decir un 2,4% en forma de convección. Por cada 100 watts que llegan al vidrio, el ambiente interior gana 88,4 watts. La radiación solar en el lugar de implementación UTPL (Anexo, Tabla 33)

Según (Cabrera et al, 2009) La energía necesaria para calentar el volumen de agua al final del mes, cualquiera que sea la forma de calentamiento elegida es dada por la 1ª Ley de la Termodinámica en la forma:

$$L_{mes} = \rho \frac{V_{mes}}{1000} \times \frac{C_p (T_{baño} - T_{amb})}{3600} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Dónde:

L_{mes} : Energía necesaria para calentar el agua kWh/mes

ρ : Densidad del agua considerada igual a 1000kg/m³

V_{mes} : Volumen de agua caliente requerido por mes (l)

c_p : Calor específico del agua a presión constante igual a 4,18 kJ/kg-C

$T_{baño}$: Temperatura del agua caliente para consumo.

T_{amb} : Temperatura ambiente. (Anexo, Tabla 34)

Los valores de 1000 y 3600 constantes de conversión de unidades.

e) Aspectos constructivos.

El material utilizado no produce reacciones con el agua, por lo que no afectarán a su composición ni producirán reacciones, capaz de soportar temperaturas de trabajo de 70 ° C, siendo habituales superiores a 50 °C, en caso de utilizarse en lugares donde se produzcan heladas se deben proteger. A continuación se detallan las dimensiones.

Dimensiones de la caja del calefón:

- Largo : 2,90 m.
- Ancho : 0,50 m.
- Alto : 0,10 m.

Cantidad y dimensiones de los elementos del circuito hidráulico.

- 7 tuberías PVC de 63 mm de 2.30 m de longitud.
- 14 botellas de vidrio de 63 mm.
- Accesorios y neoplos de tubería PVC para agua caliente de rosca
- Volumen total de 54 l.

f) Ventajas y desventajas.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del calefón solar circuito en paralelo.

Ventajas.	Desventajas.
• Es barato, cómodo y • Construcción local • Materiales disponibles en el mercado local y con tecnología sencilla. • Reduce el agotamiento de los recursos y problemas ambientales. • La circulación es gravedad no requieren de ningún sistema de bombeo.	• Bajo rendimiento en épocas de invierno generalmente cuando más se necesita, es menor, • Disponibilidad no coincide con la demanda en épocas frías. • No resisten presiones de trabajo superiores a los 5 m.c.a.

Fuente: El autor.

2.8.2.2. Calefón Solar circuito en serie.

Esta tecnología que tiene como objetivo aprovechar la mayor cantidad de energía que proviene de la radiación solar para calentar el agua.

a) Principios de funcionamiento.

El calefón solar se instala en el techo de la casa y orientado de tal manera que quede expuesto a la radiación del sol todo el día. Para lograr la mayor captación de la luz solar, con cierta inclinación la cual depende de la localización.

Consiste fundamentalmente en un elemento capaz de atrapar la radiación solar y convertir en calor, almacenar sin que se pierda la temperatura alcanzada Figura 7 (1 y 3), para ser transferida al circuito hidráulico (2), estos son tubos que se colocan longitudinalmente en conexión en serie Figura 7, de manera que mantenga la estratificación del agua, además las entradas y salidas de agua están diseñadas de forma de que no se produzcan turbulencias, tiene la particularidad que el líquido recorre por toda la longitud de la tuberías sin dar una temperatura pico, sin embargo por el recorrido que realiza mantienen la temperatura por un lapso de tiempo.



Figura 7. Calefón solar circuito en serie.
Fuente: Autor.

b) Elementos del calefón.

El cuerpo del calefón constituye una estructura simple, esta ensamblada con elementos como: las botellas de vidrio, manguera flexible y otros elementos como codos PVC de rosca, etc. A continuación se describen los elementos.

- Sistema de captación (1 y 3).

Consiste básicamente en una caja metálica, en la parte superior vidrio transparente de 4 mm de espesor que permita pasar la radiación solar, es el encargado de transformar la radiación solar en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula en dicho sistema.

- Circuito hidráulico (2).

Está constituido por tuberías, botellas de vidrio y accesorios PVC, manguera flexible, etc. Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. El recorrido del líquido es mayor manteniendo su temperatura homogénea por un lapso de tiempo.

- Sistema de ventilación.

Encargado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía térmica posible y sirve como protección frente a la acción de sobrecalentamiento en el sistema, además evita el empañó por el cambio brusco de temperatura.

- Sistema de acumulación.

Formado por uno o varios depósitos de almacenamiento de agua caliente hasta que precise su uso.

c) Criterios de selección.

Esta tecnología se basa en experiencias obtenidas en el campo durante muchos años de trabajo e investigación. Para la elección se debe tomar en consideración la circulación, inclinación, radiación solar, cantidad de agua y presiones.

- La circulación es un fenómeno que se fundamenta en la variación de la densidad del agua, que es inversamente proporcional al incremento de la temperatura, la conexión de las entradas y salidas deben ser opuestas.
- Lograr la mayor incidencia solar durante diferentes horas del día y diferentes meses del año, debe estar fijado a una estructura y colocar con ángulo de inclinación transversal de (5° a 20°). (Buchner, 2007).
- La radiación es una consideración interesante, está definida por la cantidad que llega a la parte superior de la superficie del calefón solar, se relaciona directamente con el ángulo de inclinación del mismo.
- La cantidad de agua caliente consumida en 1 día para este tipo de tecnologías, se considera el (35% al 40%) de la sanitaria en vista que se considera una dotación 20 l/día.
- Este tipo calefones son capaces de soportar presiones de trabajo hasta a 5 m.c.a en su instalación, por lo que se recomienda no realizar instalaciones directas de la red pública y utilizar un tanque de almacenamiento. (Buchner, 2007)

d) Criterios de diseño.

En las tecnologías de calefones solares de agua influyen dos factores. El primer factor es el nivel de radiación solar en el lugar de instalación y el segundo factor es la instalación de los circuitos, los costos se reducen notablemente en zonas de alta incidencia solar. Tanto el diseño de calefones con instalación en serie y paralelo tienen los mismos criterios ver apartado (2.8.2.1, c), diferenciándose únicamente en la tipo de instalación del circuito.

e) Aspectos constructivos.

La característica del material es compatible con el agua, por lo que no afectarán a su composición ni producirán reacciones, capaz de soportar temperaturas de trabajo de 70 ° C, siendo habituales superiores a 50 °C, en caso de utilizarse en lugares donde se produzcan heladas se deben proteger. A continuación se detallan las dimensiones.

Dimensiones de la caja del calefón:

- Largo : 2,90 m.
- Ancho : 0,50 m.
- Alto : 0,10 m.

Cantidad y dimensiones de los elementos del circuito hidráulico.

- 7 tuberías PVC de 63 mm de 2.30 m de longitud
- 14 botellas de vidrio de 63 mm.
- Accesorios y neoplos de tubería PVC para agua caliente de rosca.
- Volumen total 54 l.

f) Ventajas y desventajas.

Tabla 10. Ventajas y desventajas del calefón solar conexión en serie

Ventajas.	Desventajas.
• Es barato, cómodo y • Construcción local • Materiales disponibles en el mercado local y con tecnología sencilla. • Reduce el agotamiento de los recursos y problemas ambientales. • La circulación es gravedad no requieren de ningún sistema de bombeo.	• Bajo rendimiento en épocas de invierno generalmente cuando más se necesita, es menor, • Disponibilidad no coincide con la demanda en épocas frías. • No resisten presiones de trabajo superiores a los 5 m.c.a. • Requieren mayor carga.

Fuente: El autor.

CAPITULO III

3. Análisis y resultados.

3.1. Diseño e implementación de módulo de dotación de agua y calefacción solar.

Entre los módulos construidos durante este proyecto para la dotación y calefacción solar tenemos:

- Ariete hidráulico.
- Aerobomba
- Bomba EMAS.
- Calefón solar en serie y paralelo.

De los módulos desarrollados, se adjunta un manual de construcción, operación y mantenimiento (Anexo 6.3). Esta sección tiene por finalidad dar a conocer los resultados cuantitativos de la construcción de los módulos detallados anteriormente.

3.2. Selección de tecnologías apropiadas para dotación y calefacción.

Un sistema de agua consiste en recursos o productos, que luego son sometidos o transportados por una serie de procesos o grados de tratamiento, con diferentes niveles de riesgo, y que luego son conducidos hasta su entrega al usuario final. El sistema comprende desde la cuenca, microcuenca abastecedora, obra de toma, aducción, tratamiento, almacenamiento, red de distribución e instalación domiciliaria

El modelo de selección de tecnología desarrollado por eawag – 2005, define como Grupo Funcional a un menú de opciones tecnológicas que desarrollan una función similar en una etapa o proceso sistémico de un sistema de agua y/o saneamiento. El conjunto de grupos funcionales constituyen una secuencia de procesos sistémicos que partiendo de la captación de agua y/o generación de excretas o aguas residuales, concluye con el uso del agua a nivel domiciliario o la disposición final de las excretas y/o aguas residuales. Cada flujo muestra la secuencia lógica

del funcionamiento de un sistema, desde el punto de generación hasta su destino o disposición final. Las opciones tecnológicas correspondientes a cada grupo funcional, se desarrollan en las fichas técnicas correspondientes a los componentes de agua potable y calefacción. Las opciones presentadas son una sistematización de experiencias exitosas de implementación y desarrollo de tecnologías alternativas de agua y saneamiento en Bolivia. El trabajo de sistematización fue elaborado con base a experiencias propias e información obtenida de los propios involucrados como también por ONG's, instituciones públicas, cooperación internacional, actores sociales y profesionales del Sector.

3.3. Evaluación del modelo físico construido.

3.3.1. Ariete hidráulico.

3.3.1.1. Resultados.

Es la etapa, donde la experimentación tiene un punto de interés para evaluar la investigación y los criterios de diseño conceptuados, es fundamental porque de aquí se obtienen los datos y por lo tanto las conclusiones que se van a obtener van aportar directamente a la elaboración de arietes hidráulicos.



Figura 8. Sitio de pruebas experimentales del ariete hidráulico.
Fuente: El Autor.

El lugar donde se realiza los ensayos cuenta con un tanque de alimentación para asegurar que la altura de entrega se encuentra estable, una tubería de alimentación, el prototipo de ariete, un tanque de descarga, todos estos elementos son indispensables para simular las condiciones de funcionamiento el Ariete Hidráulico de 2 ”.

Tabla 11. Rendimiento energético del ariete hidráulico.

Ha/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n %	56,66	25,41	14,86	9,86	7,00	5,23	4,05	3,11	2,39

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

El rendimiento del ariete hidráulico representa el porcentaje de agua que se puede bombear en relación al total de la canalizada por el ariete, y varía en función del cociente H_a/h

Tabla 12. Caudal del ariete hidráulico.

Ha/h	Caudal (l/min)	V día
1	5.44	7.83
2	4.88	7.02
3	4.28	6.16
4	3.79	5.45
5	3.36	4.84
6	3.01	4.33
7	2.72	3.92
8	2.39	3.44
9	2.06	2.97

Fuente: El autor, pruebas experimentales.

Los resultados de la Tabla 12, es el resumen de las pruebas experimentales de campo, para una altura H_a de 1,4 m dando caudales considerables. Este tipo de arietes soporta una altura de bombeo de hasta 13 m considerando que son de fabricación artesanal y la válvula de aire no es sofisticada para soportar mayores diferencias de nivel, en caso de requerir se debe sustituir. De acuerdo a las pruebas experimentales la bomba logra elevar a una altura de 13 m un volumen 2.97 m^3 en las 24 horas del día en el caso más crítico.

3.3.1.2. Costos directos del ariete hidráulico.

Tabla 13. Costos directos del ariete hidráulico.

No	DESCRIPCION	UNID	CANTID	COSTO UNIT.	TOTAL
1	Tee de HG 2 pulgadas	U	1	\$ 2.76	\$ 2.76
2	Reducción HG 2 a 1 ½ pulgada	U	1	\$ 1.47	\$ 1.47
3	Reducción HG 1 ½ a 1 pulgada	U	1	\$ 1.09	\$ 1.09
4	Reducción HG 1 a ½ pulgada	U	2	\$ 0.92	\$ 1.84
5	Neplos de HG 2 pulgadas	U	2	\$ 2.49	\$ 4.98
6	Neplos de HG 1 ½ pulgada	U	1	\$ 1.65	\$ 1.65
7	Neplos de HG 1 pulgada	U	3	\$ 0.58	\$ 1.74
8	Tee de HG 1 con reducción a 3/4 de pulgadas	U	1	\$ 0.90	\$ 0.90
9	Neplos de PVC roscable ½ pulgada	U	1	\$ 0.19	\$ 0.19
10	Válvula check de 1 pulgada	U	1	\$ 33.50	\$ 33.50
11	Reducción HG bushing de 2 a 1 pulgadas	U	1	\$ 1.15	\$ 1.15
12	Tubería PVC de 3/4 pulgada	m	0.15	\$ 1.81	\$ 0.27
13	Varilla lisa de Φ 10 mm	m	0.6	\$ 0.90	\$ 0.54
14	Varillas corrugada Φ 12 mm	m	1.8	\$ 1.08	\$ 1.94
15	Tubería HG de ½ pulgada	m	0.15	\$ 1.98	\$ 0.30
16	Botella de 3000 centímetros cúbicos	U	1	\$ 0.00	\$ 0.00
17	Cimbra	U	1	\$ 1.50	\$ 1.50
18	Arandelas	U	4	\$ 0.25	\$ 1.00
19	Válvula de carro	u	1	\$ 0.00	\$ 0.00
				TOTAL	\$ 56.82

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

3.3.2. Aerobomba.

3.3.2.1. Resultados.

Todos los ensayos experimentales se desarrollaron en el campus de la UTPL, como parte de los objetivos de trabajo relacionados con el desarrollo de tecnologías para el suministro y bombeo de agua a partir del uso de las fuentes renovables de energía.

Velocidad media del viento

Se utilizó un anemómetro digital marca: BRUNTON, Modelo: ADC SUMMIT



Figura 9. Anemómetro digital.
Fuente: El autor.

Para la medición de las velocidades mínimas de arranque, el número de revoluciones por minuto, se realizó en el lugar de construcción, utilizando la siguiente metodología:

- Lectura del anemómetro en cada cambio de velocidad con rango de 1 m/s.
- Cronometrar el tiempo de duración de la velocidad establecida.
- Contar el número de revoluciones durante el lapso de tiempo.



Figura 10. Conteo de número de vueltas.
Fuente: El autor.

Se debe estudiar cuidadosamente las variaciones estacionales del viento, ya que períodos largos de calma produce promedios anuales de velocidad bajos, pero lo no implica que el recurso eólico se deba desechar rotundamente. Los datos proporcionados de estación UTPL una velocidad promedio anual de 0.717 m/s menores al de arranque de la aerobombma, y una velocidad promedio máxima 2.2 m/s (Anexo 1, Tabla 32).

En base a las pruebas realizadas se obtiene una velocidad mínima de 3 m/s para el arranque de aerobomba y maximas hasta de 6.2 m/s durante los meses de Abril a Junio.

Tabla 14. Numero revoluciones del aerobomba.

Velocidad (m/s)	Revoluciones por minuto
Menores a 3	Hasta 35
3 a 4	35 a 45
4 a 5	45 a 60
5 a 6	60 a 80
Mayores a 6	80 a >100

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Caudal a bombear.

Para la medición respectiva en situ se utilizó los siguientes elementos: recipiente graduado, cronometro y un anemómetro el cual determina intervalo de velocidad para calcular el gasto al combinar las características del aerobomba con el régimen del viento. Cabe mencionar estos datos de caudal son el resultado de la instalación de una bomba de pistón EMAS, adaptada al aerogenerador.

- Lectura del anemómetro en cada cambio de velocidad con rango de 1 m/s.
- Cronometrar el tiempo de duración de la velocidad establecida.
- Medir el volumen de agua, está en función de la altura del agarrador $h=20$ cm.



Figura 11. Medición del caudal
Fuente: El autor.

Con la información obtenida se pueden producir factores promedios deducidos dando mayores resultados a velocidades 3 y 6 m/s. Es decir acumulando un volumen de agua entre $(11.5 \text{ a } 20.1) \text{ m}^3$ en caso de tener el rango de velocidades establecidas durante las 24 horas del día, caso contrario se aplicara un porcentaje de reducción. Es indispensable aclarar que los resultados de la Tabla 15 hace referencia a una de altura a 4.5 m de la ubicación del aerobomba sobre la superficie.

Tabla 15. Caudal de bombeo.

Velocidad (m/s)	Caudal de bombeo (l/min)
Menores a 3	Hasta 6
3 a 4	8
4 a 5	10
5 a 6	14
Mayores a 6	Mayores a 15

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

3.3.2.2. Costos directos del aerobomba.

Tabla 16. Costos directos del aerobomba.

No	DESCRIPCION	UNID	CANTID.	COSTO UNIT.	TOTAL
1	Tubería HG de 4 pulgadas	m	0.5	\$ 6.30	\$ 3.15
2	Rulimanes de 10 centímetros de diámetro.	u	2	\$ 0.00	\$ 0.00
3	Tubería HG de 2 pulgadas.	m	1.15	\$ 4.92	\$ 5.66
4	Tubería HG de 1 1/4 pulgadas	m	0.65	\$ 3.37	\$ 2.19
5	Tubería HG de 1 pulgadas.	m	1.35	\$ 2.63	\$ 3.55
6	Tubería HG de 1/2 pulgadas.	m	2.2	\$ 1.98	\$ 4.36
7	Varilla lisa Ø 12 mm 0.05 metros	m	0.15	\$ 0.80	\$ 0.12
8	Rulimanes de 5 centímetros de diámetro.	u	1	\$ 0.00	\$ 0.00
9	Tubería estructural rectangular de 2 x 1 pulg x 1.5 mm.	m	27.06	\$ 2.42	\$ 65.49
10	Tubería estructural cuadrado de 1 pulg x 1.2 mm.	m	10	\$ 2.30	\$ 23.00
11	Plancha Galvanizada de 1/32x0.70	m2	0.72	\$ 6.75	\$ 4.86
12	Tuerca de 1 1/4 de pulgada.	u	1	\$ 2.00	\$ 2.00
13	Varilla corrugada Ø 10 mm	m	7.65	\$ 0.75	\$ 5.74
14	Suelda	lb	5	\$ 1.90	\$ 9.50
15	Pintura anticorrosiva color negro	gln	1	\$ 15.00	\$ 15.00
16	Diluyente	gln	1	\$ 6.00	\$ 6.00
TOTAL					\$150.61

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

3.3.3. Bomba de pistón.

3.3.3.1. Resultados.

Para determinar el caudal de bombeo en situ se utilizó los siguientes elementos: recipiente graduado, cronometro y un metro necesario para determinar la altura agarrador; así mismo al combinar las características del esfuerzo físico para determinar el caudal de bombeo.

- Determinar las alturas del agarrador.
- Medir el volumen de agua y
- Finamente determinar el caudal de bombeo por minuto realizando los pasos anteriores y utilizando un cronometro.



Figura 12. Altura del agarrador.
Fuente: El Autor.

Tabla 17. Volumen de impulsión de la bomba de pistón.

Altura del agarrador (m)	Volumen de agua por impulsión (l)
0.1	0.15
0.2	0.2
0.3	0.25
0.4	0.3
0.5	0.35
0.6	0.4
0.7	0.45

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

El volumen de la bomba aumenta progresivamente de 0.05 litros a medida que incrementa la altura 10 cm del agarrador, la altura media para el bombeo por persona es de 0.4 m.

El abastecimiento de agua sencillo dirigida para comunidades pequeñas o dispersas no se necesita de mucho esfuerzo para bombear, adquiriendo los resultados de la Tabla 17 con el bombeo manual.



Figura 13. Cálculo del caudal con bombeo manual.

Fuente: El autor.

Tabla 18. Volumen del con bombeo manual.

Tiempo (min)	Volumen (l)
1	14.5
1	21.2

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

La altura y distancia de bombeo son aspectos importantes a considerar, el volumen promedio obtenido el resultado de varios ensayos tomando en consideración si la persona que realiza el bombeo es adulta o niño, adquiriendo los resultados de la Tabla 18.

La instalación de este tipo de tecnología se realiza de (1 a 3) hogares desde un mismo pozo de recolección, o un individual. El tiempo requerido para abastecer a una familia tipo de 6 miembros es de 5,6 minutos.

3.3.3.2. Costos directos de la bomba de pistón.

Tabla 19. Costos directos de la bomba de pistón.

No	DESCRIPCION.	UNID	CANTID	COSTO UNIT.	TOTAL
1	Tubería PVC roscable de 1/2 pulgada	m	1.96	\$ 2.21	\$ 4.33
2	Tubería PVC roscable de 3/4 pulgada	m	0.2	\$ 1.81	\$ 0.36
3	Bolitas de cristal	U	2	\$ 0.02	\$ 0.04
4	Tee de PVC roscable de 1/2 pulgada.	U	1	\$ 0.49	\$ 0.49
5	Tubería PVC de 32x1.5mm	m	1.75	\$ 1.12	\$ 1.96
6	Caucho o goma de llanta	U	1	\$ 0.00	\$ 0.00
7	Neplos de tubería PVC roscable de 1/2 pulgada	U	2	\$ 0.37	\$ 0.74
				TOTAL	\$ 7.92

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

Dando un costo de \$ 5,85 dólares por cada metro que se requiera construir, mientras que las válvulas, agarrador y otros elementos están alrededor de los \$2,07 dólares.

3.3.4. Calefón solar circuito en paralelo.

3.3.4.1. Resultados.

Para determinar la temperatura del agua del calefón solar de circuito en paralelo, se usó un procedimiento iterativo, por lo cual se mide la temperatura del ambiente, posteriormente el agua fría y finalmente se determina el agua caliente.



Figura 14. Medición de la temperatura, calefón en paralelo.

Fuente: El autor.

Tabla 20. Relación de temperaturas del calefón circuito en paralelo.

Temperatura Ambiente	Temperatura Agua Fría	Temperatura ACS	$\Delta t (T_a - T_{af})$	$\Delta t (T_a - T_{acs})$	$\Delta t (T_{af} - T_{ACS})$
18.8	14.3	19.55	4.5	0.75	5.25
19.7	14.9	23.35	4.8	3.65	8.45
20.3	15.4	26.55	4.9	6.25	11.15
21.2	16.1	28.2	5.1	7	12.1
22.4	17.1	36.35	5.3	13.95	19.25
24	18	47.1	6	23.1	29.1
25	19	49.45	6	24.45	30.45
24.5	19	47.2	5.5	22.7	28.2

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

T_a : Temperatura del ambiente (°C).

T_{af} : Temperatura del agua fría (°C).

T_{acs} : Temperatura de agua caliente sanitaria (°C).

Según los resultados promedios obtenidos, a medida que aumenta la temperatura del ambiente, también temperatura del agua del tanque de almacenamiento manteniéndose en un rango de (4,5 a 6) °C de diferencia. Las temperaturas del agua caliente sanitaria es el resultado de una variedad de datos, durante un lapso de tiempo de 3 min, con una descarga de 3 l/min. Estudiar cuidadosamente las variaciones de temperatura, porque en períodos largos de frío se producen temperaturas promedios diarias, mensuales bajas, pero lo no implica se deba descartar la implementación.

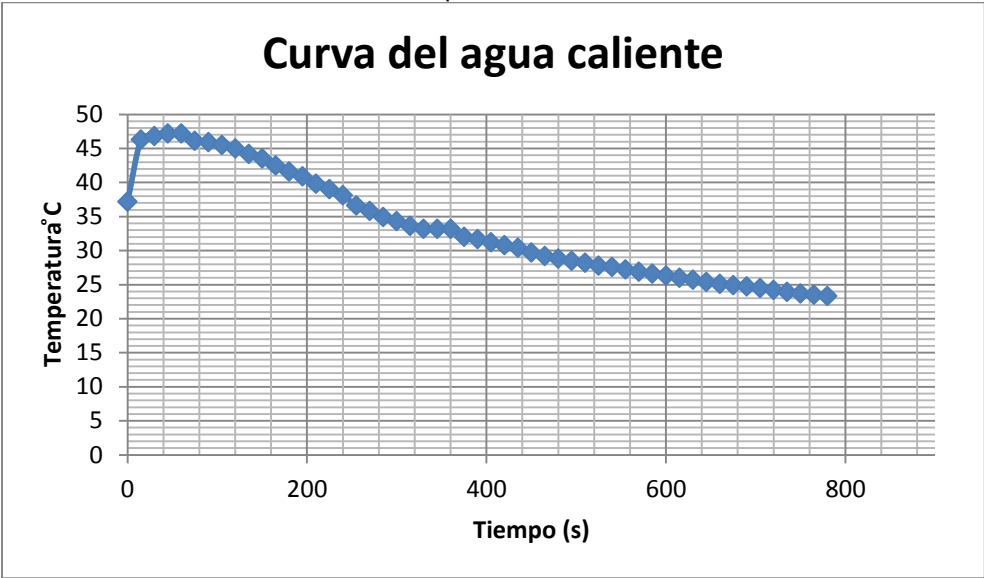
A continuación se detallan los datos de 2 descargas completas, desde su temperatura máxima hasta una temperatura igual a la del ambiente.

Tabla 21. Datos de agua caliente para una temperatura de 24,5°C, circuito en paralelo.

T ambiente		24.5 °C			
T agua fría		20 °C			
Tiempo (s)	T ACS °C	Tiempo (s)	T ACS °C	Tiempo (s)	T ACS °C
0	37.2	270	35.8	540	27.6
15	46.3	285	34.9	555	27.2
30	46.8	300	34.3	570	26.9
45	47.2	315	33.6	585	26.6
60	47.2	330	33.2	600	26.3
75	46.1	345	33.2	615	26
90	45.9	360	33.2	630	25.7
105	45.5	375	32	645	25.4
120	45	390	31.7	660	25.1
135	44.2	405	31.2	675	24.9
150	43.5	420	30.8	690	24.7
165	42.5	435	30.4	705	24.5
180	41.6	450	29.7	720	24.2
195	40.9	465	29.2	735	23.9
210	39.8	480	28.8	750	23.7
225	39	495	28.5	765	23.5
240	38.1	510	28.2	780	23.3
255	36.6	525	27.8		

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Figura 15. Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24.5 °C, circuito en paralelo.



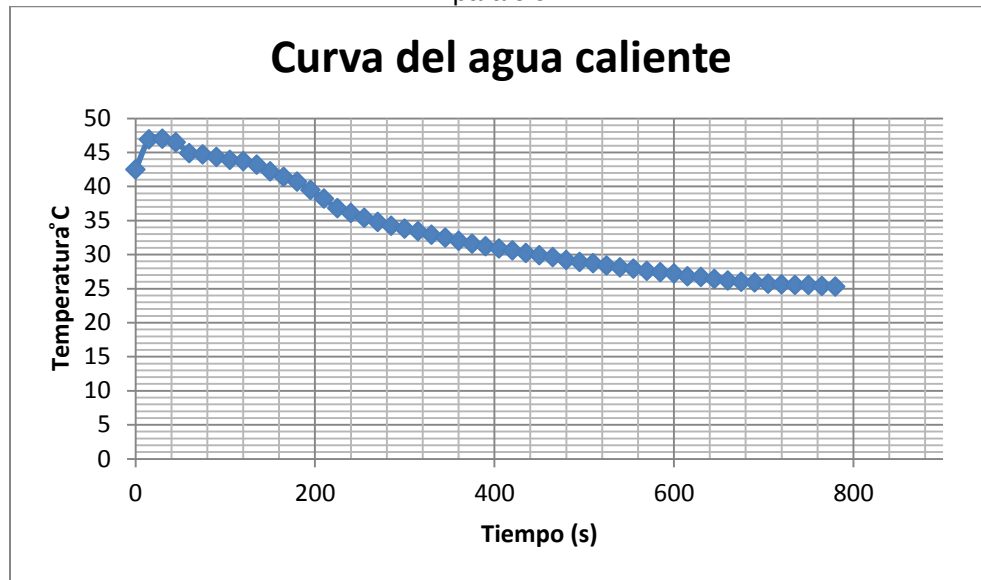
Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Tabla 22. Datos de agua caliente para una temperatura de 24 °C circuito en paralelo.

T Ambiente		24 °C			
T Agua		19.8 °C			
Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS
0	42.5	270	34.8	540	28.1
15	46.9	285	34.2	555	27.9
30	47	345	32.5	570	27.6
45	46.5	300	33.8	585	27.4
60	44.9	315	33.4	600	27.2
75	44.7	330	32.9	615	26.8
90	44.3	360	32	630	26.7
105	43.9	375	31.6	645	26.4
120	43.7	390	31.2	660	26.2
135	43.2	405	30.9	675	26
150	42.2	420	30.6	690	25.9
165	41.4	435	30.2	705	25.7
180	40.7	450	29.9	720	25.6
195	39.5	465	29.6	735	25.5
210	38.2	480	29.2	750	25.5
225	36.8	495	28.9	765	25.4
240	36.1	510	28.7	780	25.3
255	35.4	525	28.4		

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Figura 16. Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en paralelo.



Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

En base a las Tablas 20 y 21 de resultados se puede concretar lo siguiente:

Para el primer valor, el agua fluye durante 10 s; en $t = 0$ s el valor de la temperatura del agua es inferior a la de $t = 15$ s, en vista que el líquido de la tubería de salida no se encuentra a la misma del calefón. Posteriormente desde tiempo $t = 15$ s hasta $t = 75$ s mantiene máxima temperatura, luego de transcurrido este tiempo comienza a disminuir progresivamente con una variación de 0,2 a 0,8 °C, por cada 15 segundos, dando una temperatura promedio de 33,39 °C y 33,88 °C de ACS para una temperatura de ambiente 24 °C y 24,5 °C respectivamente.

Este tipo de calefones utilizan en lugares donde se requiera una temperatura mayor en un lapso tiempo corto. En ensayos realizados sin registrar consumo entre las (8 a 12) horas a una temperatura del Ambiente de 24,5 °C, se registran temperaturas de ACS de 64 °C.

3.3.4.2. Costos directos del calefón circuito en paralelo.

Tabla 23. Costos directos del calefón solar circuito en paralelo.

No	DESCRIPCION	UNID	CANTID	COSTO UNIT.	TOTAL
1	Botellas de vidrio de 450 ml, D= 65 mm	u	14	\$ 0.00	\$ 0.00
2	Codos de PVC roscable de 1/2 pulgada	u	2	\$ 0.33	\$ 0.66
3	Tee de PVC roscable de de 1/2 pulgada	u	12	\$ 0.49	\$ 5.88
4	Manguera flexible de 3/4 pulgada	u	1.4	\$ 1.50	\$ 2.10
5	Tubería PVC de 63x1.5 mm de 2.30 metros	u	16.1	\$ 2.58	\$ 41.54
6	Vidrio transparente de 4 mm	m2	1.45	\$ 2.00	\$ 2.90
7	Plancha de acero galvanizado.	m2	2.56	\$ 6.75	\$ 17.28
8	Remaches	lb	1	\$ 2.00	\$ 2.00
9	Pintura anticorrosiva color negro	gln	0.5	\$ 11.00	\$ 5.50
10	Silicona transparente en tubo.	u	1	\$ 3.00	\$ 3.00
11	Tubería PVC roscable 1/2 pulgada para agua caliente.	m	2	\$ 2.21	\$ 4.42
12	Diluyente	gln	0.5	\$ 6.00	\$ 3.00
13	Tubo de hilo resistente	u	0.5	\$ 1.55	\$ 0.78
14	Alambre de amarre	lb	0.5	\$ 2.48	\$ 1.24
15	Teflón	u	2	\$ 0.50	\$ 1.00
16	Cinta aislante	u	1	\$ 3.00	\$ 3.00
				TOTAL	\$ 94.29

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

3.3.5. Calefón solar circuito en serie.

3.3.5.1. Resultados.

Las temperaturas de agua fría y la temperatura ambiente son similares por estar ubicadas en el mismo sitio y el tanque de almacenamiento de similares características, para determinar se realiza el mismo procedimiento.



Figura 17. Medición de la temperatura, calefón en serie.
Fuente: El autor.

Tabla 24. Relación de temperaturas del circuito en serie.

Temperatura Ambiente	Temperatura Agua Fría	Temperatura ACS	$\Delta t (T_a - T_{af})$	$\Delta t (T_a - T_{acs})$	$\Delta t (T_{af} - T_{ACS})$
9	18.8	14.3	19	4.5	0.2
10	19.7	14.9	19.98	4.8	0.28
11	20.3	15.4	23.4	4.9	3.1
12	21.2	16.1	27.76	5.1	6.56
13	22.4	17.1	32.03	5.3	9.63
14	24	18	39.56	6	15.56
15	25	19	44.07	6	19.07
16	24.5	19	44.62	5.5	20.12

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

T_a : Temperatura del ambiente (°C).

T_{af}: Temperatura del agua fría (°C).

T_{acs}: temperatura de agua caliente sanitaria (°C).

Según la Tabla 23 los resultados promedios obtenidos de las pruebas experimentales, a medida que aumenta la temperatura del ambiente, sucede lo mismo con la agua del tanque de almacenamiento manteniéndose en un rango de (4,5 a 6) °C de diferencia. Las temperaturas del agua caliente sanitaria es el resultado de una variedad de datos, durante un lapso de tiempo de 3 minutos, con una descarga de 3 l/min. Además estudiar cuidadosamente las variaciones de temperatura.

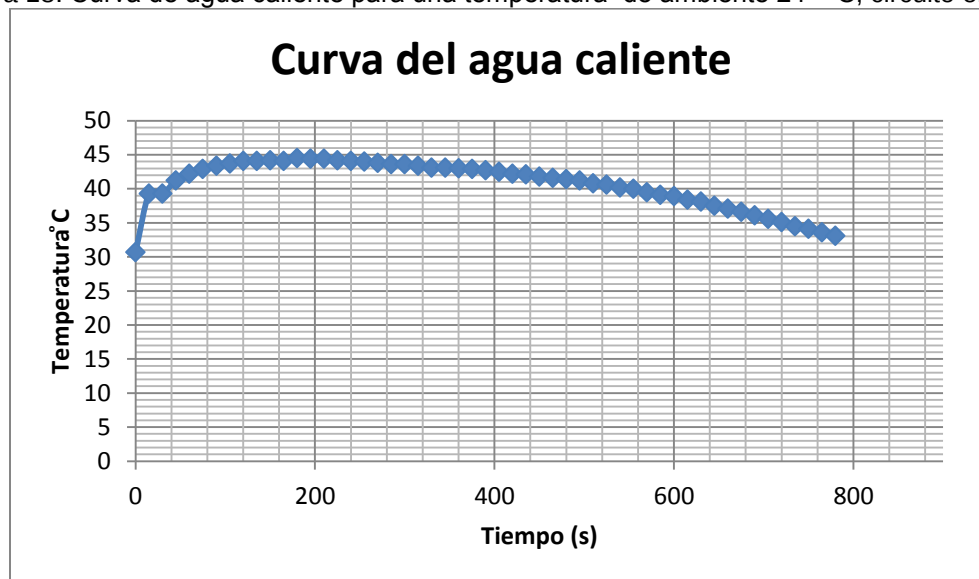
A continuación se adjuntan datos de la curva de descarga del agua caliente sanitaria desde la temperatura máxima hasta la temperatura del ambiente.

Tabla 25 Datos de agua caliente para una temperatura de 24 °C, circuito en serie.

T Ambiente		24 °C			
T Agua		19.8 °C			
Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS
0	30.7	270	43.8	540	38.1
15	39.3	285	43.6	555	37.5
30	39.3	300	43.6	570	37.1
45	41.2	315	43.4	585	36.6
60	42.2	330	43.1	600	36.1
75	42.9	345	42.1	615	35.6
90	43.4	360	41.8	630	35.1
105	43.7	375	41.6	645	34.5
120	44.1	390	41.4	660	34.1
135	44.1	405	41.2	675	33.6
150	44.2	420	40.8	690	36.1
165	44.1	435	40.6	705	35.6
180	44.5	450	40.2	720	35.1
195	44.4	465	40	735	34.5
210	44.4	480	39.5	750	34.1
225	44.2	495	39.1	765	33.6
240	44.1	510	38.9	780	33.1
255	44	525	38.4		

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Figura 18. Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en serie.



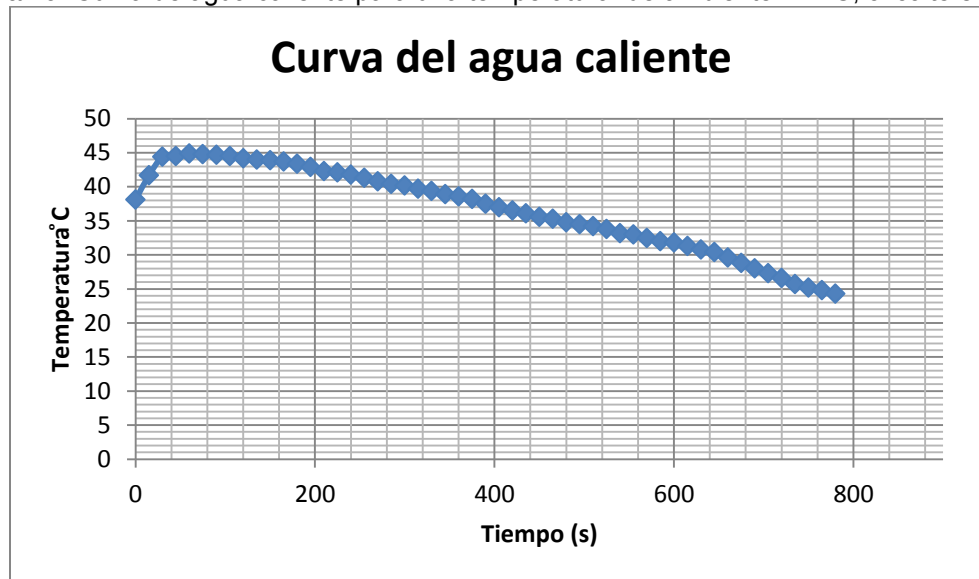
Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales.

Tabla 26. Datos de agua caliente para una temperatura de 24,5°C, circuito en serie.

T Ambiente		24.5 °C			
T Agua		20 °C			
Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS	Tiempo (s)	T ACS
0	38.1	270	40.8	540	33.2
15	41.7	285	40.4	555	33
30	44.4	300	40.2	570	32.5
45	44.5	315	39.7	585	32
60	44.9	330	39.4	600	31.8
75	44.8	345	38.9	615	31.3
90	44.7	360	38.6	630	30.8
105	44.5	375	38.2	645	30.4
120	44.2	390	37.5	660	29.6
135	44	405	37	675	28.8
150	43.9	420	36.5	690	28
165	43.7	435	36.1	705	27.3
180	43.4	450	35.6	720	26.6
195	42.9	465	35.3	735	25.7
210	42.3	480	34.8	750	25.2
225	42.1	495	34.5	765	24.8
240	41.8	510	34.2	780	24.3
255	41.3	525	33.8		

Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales

Figura 19. Curva de agua caliente para una temperatura de ambiente 24 °C, circuito en serie.



Fuente: El autor, basado en las pruebas experimentales

Con respecto de las Tablas 24 y 25 a los resultados de este tipo de calefón:

Para la obtención del primer valor, el agua fluye durante 10 s; en $t = 0$ s el valor de la temperatura del agua es inferior a la de $t=30$, en vista que el líquido de la tubería de salida no coincide con la del calefón. Posteriormente desde $t=30$ s hasta $t= 210$ s mantiene la máxima temperatura variando ± 0.2 °C, luego comienza a disminuir de $(0.2$ a $0.6)$ °C, por cada 15 segundos, dando temperaturas promedio de ACS 40. °C y 36,67 °C para 24,5 °C y 24 °C.

Este tipo de calefones utilizan en lugares donde requiera un mayor tiempo de consumo. En ensayos realizados sin registrar consumo entre las 8 a 12 del día a una temperatura del Ambiente de 24,5 °C, se obtuvo agua caliente sanitaria de 58 °C.

3.3.5.2. Costos directos del calefón circuito en serie.

Tabla 27. Costos directos del calefón circuito en serie.

No	DESCRIPCION	UNID	CANTID	COSTO UNIT.	TOTAL
1	Botellas de vidrio de 450 ml, D= 65 mm	u	14	\$ 0.00	\$ 0.00
2	Codos de PVC roscable de 1/2 pulgada.	u	2	\$ 0.33	\$ 0.66
4	Manguera flexible de 3/4 pulgada.	m	1.4	\$ 2.00	\$ 2.80
5	Tubería PVC de 63x1.5 mm.	m	16.1	\$ 2.58	\$ 41.54
6	Vidrio transparente de 4 mm	m2	1.45	\$ 2.00	\$ 2.90
7	Plancha de acero galvanizado	m2	2.56	\$ 6.75	\$ 17.28
8	Remaches	lb	1	\$ 0.00	\$ 0.00
9	Pintura anticorrosiva color negro	gln	0.5	\$ 11.00	\$ 5.50
10	Silicona transparente en tubo.	u	1	\$ 3.00	\$ 3.00
11	Tubería PVC roscable 1/2 pulgada para agua caliente.	m	2	\$ 2.21	\$ 4.42
12	Diluyente	gln	0.5	\$ 6.00	\$ 3.00
13	Tubo de hilo resistente	u	0.5	\$ 1.55	\$ 0.78
14	Alambre de amarre	lb	0.5	\$ 2.48	\$ 1.24
15	Teflón	u	2	\$ 0.50	\$ 1.00
16	Cinta aislante	u	1	\$ 3.00	\$ 3.00
				TOTAL	\$ 87.11

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

3.4. Beneficios

Bombeo.

En la siguiente tabla se realiza un análisis minucioso del gasto promedio anual de acarreo de agua, para ello se considera los siguientes aspectos: dotación de 20 l/ha/día, tiempo de recorrido total 10 min, volumen del recipiente 20 l, sin considerar costo alguno del agua. Tomando en consideración el costo del salario mínimo vital 2013.

Tabla 28. Análisis del gasto promedio anual.

Números de familia.	Numero de viaje/día-familia	Tiempo hora/día-familia	Costo horario (\$)	Costo mensual	Costo Anual	Considerando un porcentaje al año no realizan el acarreo			
						20%	40%	60%	80%
1	3	1	1.78	53.4	649.7	519.76	389.82	259.88	129.94
2	6	2	1.78	106.8	1299.4	1039.52	779.64	519.76	259.88
3	9	3	1.78	160.2	1949.1	1559.28	1169.46	779.64	389.82
4	12	4	1.78	213.6	2598.8	2079.04	1559.28	1039.52	519.76
5	15	5	1.78	267	3248.5	2598.8	1949.1	1299.4	649.7
6	18	6	1.78	320.4	3898.2	3118.56	2338.92	1559.28	779.64
7	21	7	1.78	373.8	4547.9	3638.32	2728.74	1819.16	909.58
8	24	8	1.78	427.2	5197.6	4158.08	3118.56	2079.04	1039.52
9	27	9	1.78	480.6	5847.3	4677.84	3508.38	2338.92	1169.46
10	30	10	1.78	534	6497	5197.6	3898.2	2598.8	1299.4

Fuente: El autor, basado en información recopilada.

Del análisis realizado en la Tabla 28, se deduce que el costo por litro de agua es de 0,0356 dólares, así mismo se considera que cierta parte del tiempo no realizan acarreo, al aplicar las tecnologías para captar aguas lluvias, En la Tabla 29 se analiza los costos del uso de tecnologías apropiadas.

Tabla 29. Análisis del costo de las tecnologías.

Tipo de Tecnologías	Costos contractivos	Porcentaje de mantenimiento (15%)	Total.	Vida Útil(años)
Ariete hidráulico	56.82	8.53	65.35	5
Aero bomba más bomba de pistón	158.53	23.7795	182.31	15-20
Bomba de pistón	7.92	1.188	9.11	5

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

Los costos de acarreo anual de (1 a 3) familias se reducen 98 % al utilizar la bomba de pistón y el ariete hidráulico para su abastecimiento. En cuanto al uso del aerobomba (de 4 hasta 10) familias, ahorrando 97 % anual.

Calefacción.

En las tablas que a continuación se detallan, se realiza el análisis de costos de agua caliente utilizando gas Tabla 30 y electricidad Tabla 31, para 10 años y una dotación de 8 l/hab/día, sin considerar el precio del agua. Los costos por litros son valores estimados en base a información recopilada.

Tabla 30. Análisis del costo con el uso del gas.

Población (hab)	Consumo (l/día-familia)	Costo 1 litro de agua caliente(\$)	Costo mensual	Costo Anual	Costo del calentador a gas	Costo Periodo de 10 años
6	48	\$ 0.001	\$ 1.35	\$ 16.21	\$ 140.00	\$ 302.1

Fuente: El autor, en base a información recopilada.

Tabla 31. Análisis costos con el uso de electricidad.

Población (hab)	Consumo (l/día-familia)	Costo 1 litro de agua caliente(\$)	Costo mensual	Costo Anual	Costo del calefón eléctrico	Costo Periodo de 10 años
6	48	\$ 0.015	\$ 21.42	\$ 257.04	\$ 180.00	\$ 2 750.04

Fuente: El autor, en base a información recopilada.

Tabla 32. Análisis del costo de las tecnologías.

Tipo de Tecnologías	Costos constructivos	Porcentaje de Operación y mantenimiento (15%)	Total.	Vida Útil(años)
Calefón Solar circuito en serie.	94.29	14.1435	108.43	10-15
Calefón Solar circuito en paralelo	87.11	13.0665	100.18	10-15

Fuente: El autor, basado en el manual de construcción operación y mantenimiento.

Los costos de calefacción anual para 1 familia se reducen al rededor 66 % con el uso del gas y el 96 % con el uso de electricidad.

CONCLUSIONES.

- Estas tecnologías alternativas resultan viables, porque además de solucionar la falta de servicios básicos y mejorar la calidad de vida en las comunidades rurales, resultan económicas reduciendo hasta el 98% en abastecimiento, en cuanto ACS reduce el 66% y 96% al utilizar gas y electricidad respectivamente.
- Al culminar el proyecto se obtiene el manual de construcción, operación, mantenimiento, en una expresión sencilla que puede ser interpretado por los interesados, también servirá de base para futuros estudios, aplicaciones la cual debe ajustarse a cada proyecto y lugar a implementarse.
- Para la puesta en marcha del aerobomba se requiere una velocidad de 3 m/s, a pesar que las velocidades promedias mensuales de viento de la estación UTPL son inferiores a las del arranque, en base a las pruebas realizadas se obtienen velocidades que varían repentinamente. Cuando las variaciones de velocidades sean repentinas y máximas no superen los 8 m/s se recomienda que el sistema de orientación sea fijo.
- Este tipo de tecnologías no requiere de mano de obra especializada para su construcción y mantenimiento, por lo que resulta económico e innovador para los usuarios.
- Los materiales utilizados para su fabricación se adquieren en el mercado local, otros reciclando y reutilizando de esta manera contribuyendo con el medio ambiente.
- En cuanto a los resultados: el calefón de circuito en paralelo tiene la particularidad alcanzar temperaturas pico de 64 °C a 24.5°C del ambiente, mientras que los calefones de circuito en serie dan valores de temperatura 58 °C.
- El valor promedio del calefón en paralelo para una descarga 780 segundos y una temperatura del ambiente de 24,5 °C es de 33,39°C,

siendo superada por el de serie con un valor de 36.67 °C, esto se debe a una distancia mayor de recorrido en circuito hidráulico.

- La elaboración de estas tecnologías, están ubicadas en el campus UTPL, que permite exponer, valorar y mostrar el modelo físico y su funcionamiento respectivo.

RECOMENDACIONES

- Difundir este tipo de proyectos en las comunidades rurales más vulnerables de nuestro país, de esta manera apoyar al desarrollo económico y social mejorando la calidad de vida de cada uno de sus habitantes.
- Concientizar a las personas que forman parte de un proyecto de este tipo a cerca de las ventajas que proporciona al desarrollar de tecnologías alternativas, aprovechando los recursos naturales.
- Planificar conferencias de socialización en el sector rurales de las provinciales con el afán de dar a conocer, la disponibilidad de soluciones que tienen a su alcance.
- Realizar investigaciones más profundas, detalladas sobre este tema con el propósito de contar con una gama de productos y soluciones vayan en beneficio de la sociedad, sin importar el tiempo que tarde en implementarse y el lugar donde se realice.
- Estudiar cuidadosamente las variaciones de viento y temperatura, ya que períodos largos se producen promedios diarios anuales bajos, por lo que no implica desechar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA.

- Renovec, (2012). *Especial Energías Renovables* (cap. 1). Recuperado de <http://www.energiza.org/antiores/energizaenero2012.pdf>
- Buchner, W. (2007). *SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA VIVIR MEJOR EMAS* (sexta ed.). La paz, Bolivia.
- ITC. (2008). *ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/46863411/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica>
- Profesor En Línea. (s.f.). *Energía Hidráulica*. Recuperado de www.profesorenlinea.cl - Querelle y Cía. Ltda. Santiago, Chile.
- Antonio, M. (2009). *CURSOS DE ENERGÍA SOLAR* (primera ed.). Madrid, España.
- Profesor En Línea. (s.f.). *Energía Eólica*. Recuperado de www.profesorenlinea.cl - Querelle y Cía. Ltda. Santiago, Chile.
- Raúl I., Alberto V. (1992). *Ariete Hidráulico, Diseño, construcción y explotación*, I.S.M.M., Cuba.
- JOBER, (s.f.). *CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE MOLINOS DE VIENTO PARA BOMBEO DE AGUA*.
- UPME, (2003). *GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA BOMBEO DE AGUA*. (versión. 1). Bogotá, Colombia.
- (s. n.). (s. f.). *Guía Técnica del **FRAG**, Equipos de Bombeo Manual 1*. Nicaragua.
- Shyam S. Nandwani. (2005). *ENERGÍA SOLAR CONCEPTOS BÁSICOS Y SU UTILIZACIÓN*. Recuperado de http://www.solartronic.com/download/Energia_Solar_Conceptos_Basicos.pdf. Heredia, Costa Rica
- U.B.A. - Facultad de Ingeniería - Tecnología del frío 67.32 (s. f.). *BALANCE TÉRMICO*.

- Andrés, C., Pablo, N., Carlos, D.(2009). *MANUAL DE ENERGÍA TÉRMICA E INSTALACIONES ASOCIADAS*. Recuperado de <http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/manualUruguay.pdf>
- Camacho Garnica, Álvaro. (2002), *GUIA TECNICA DE DISEÑO Y EJECUCION DE PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO CON TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS*, Ministerio de agua y saneamiento de Bolivia, Bolivia.
- OPS, 2006, *ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO UTILIZADAS EN EL AMBITO RURAL*, Perú
- Buchner, W. (s.f.). *ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE ACCESO AL AGUA Y SANEAMIENTO*. Nicaragua y Perú.

ANEXOS.

ANEXO TABLAS DE DATOS.

Tabla 33. Velocidades promedio y máximas mensuales 2012.

MES	Viento (m/s)	
	Promedio	Máximo
ENERO	0.333	1.86
FEBRERO	0.319	1.70
MARZO	0.761	1.78
ABRIL	0.376	1.89
MAYO	0.698	1.98
JUNIO	0.886	2.08
JULIO	1.321	2.08
AGOSTO	1.322	2.09
SEPTIEMBRE	1.291	2.17
OCTUBRE	0.507	2.29
NOVIEMBRE	0.359	2.42
DICIEMBRE	0.435	2.56

Fuente: Sección de recursos hídricos, Estación UTPL.

Tabla 34. Radiación promedio y máximas mensuales 2012.

MES	Radiación Solar (KW/m ²)	
	Promedio	Máxima
ENERO	5.70	6.66
FEBRERO	4.87	5.66
MARZO	4.88	5.67
ABRIL	4.85	5.66
MAYO	4.90	5.72
JUNIO	5.04	5.89
JULIO	5.16	6.02
AGOSTO	5.21	6.08
SEPTIEMBRE	5.12	5.98
OCTUBRE	5.07	5.93
NOVIEMBRE	4.97	5.84
DICIEMBRE	5.01	5.88

Fuente: Sección de recursos hídricos, Estación UTPL.

Tabla 35. Temperaturas promedio y máximas mensuales 2012

Temperatura (°C)		
Promedio	Mínima	Máxima
ENERO	16.507	16.41
FEBRERO	15.981	15.89
MARZO	15.967	15.88
ABRIL	15.960	15.87
MAYO	15.937	15.85
JUNIO	15.982	15.89
JULIO	16.004	15.91
AGOSTO	16.049	15.96
SEPTIEMBRE	16.036	15.94
OCTUBRE	16.005	15.91
NOVIEMBRE	15.989	15.90
DICIEMBRE	16.011	15.92

Fuente: Sección de recursos hídricos, Estación UTPL.

**ANEXO MANUAL DE CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO.**



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**"MANUAL DE CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN ENERGÍAS
RENOVABLES PARA COMUNIDADES RURALES"**



AUTOR: Walter Bladimir Romero Guanuchi

LOJA – ECUADOR
2013

EMASER

ÍNDICE DE CONTENIDO.

1. ARIETE HIDRAULICO.....	2
1.1. MATERIALES.	2
1.2. CONSTRUCCIÓN.	3
1.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	10
2. AEROBOMBA.....	12
2.1. MATERIALES.	12
2.2. CONSTRUCCIÓN.	12
2.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	28
3. BOMBA DE PISTON.	29
3.1. MATERIALES.	29
3.2. CONSTRUCCIÓN.	29
3.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	41
4. CALEFON SOLAR CIRCUITO EN PARALELO.	42
4.1. MATERIALES.	42
4.2. CONSTRUCCIÓN.	43
4.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	54
5. CALEFON SOLAR CIRCUITO EN SERIE.....	55
5.1. MATERIALES.	55
5.2. CONSTRUCCIÓN.	56
5.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	67

1. ARIETE HIDRAULICO.

El presente manual tiene como finalidad la construcción del ariete hidráulico cuyo funcionamiento se basa en una maquina auto operante que utiliza el mismo fluido como fuente de energía, se utiliza para bombear agua desde una corriente o un rio hacia un nivel superior, pequeñas cantidades de agua a cierta altura.

1.1. MATERIALES.

Tabla 36. Materiales de ariete hidráulico.

No	DESCRIPCION
1	Tee de HG 2 "
2	Reducción HG 2 a 1 ½ "
3	Reducción HG 1 ½ a 1 "
4	Reducción HG 1 a ½ "
5	Neplos de HG 2 "
6	Neplos de HG 1 ½ "
7	Neplos de HG 1 "
8	Tee de HG de 1 con reducción a 3/4"
9	Neplos de PVC roscable ½ "
10	Válvula check de 1 "
11	Reducción HG bushing de 2 a 1 "
12	Tubería PVC de 3/4 "
13	Varilla lisa de Φ 10 mm
14	Varillas corrugada Φ 12 mm
15	Tubería HG de ½ "
16	Botella de 3000 cm ³
17	Cimbra
18	Arandelas
19	Válvula de carro

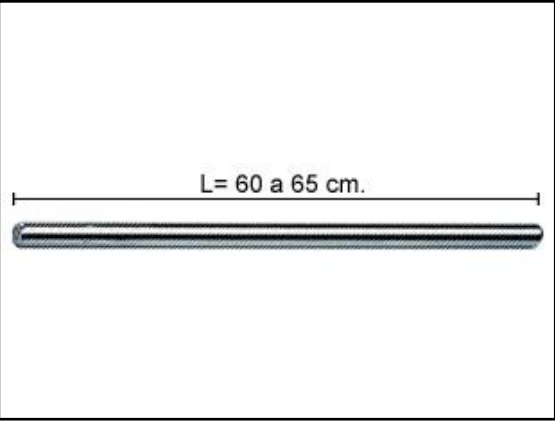
1.2.CONSTRUCCIÓN.

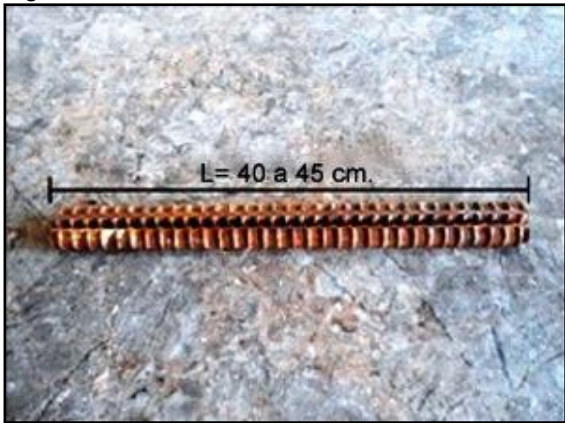
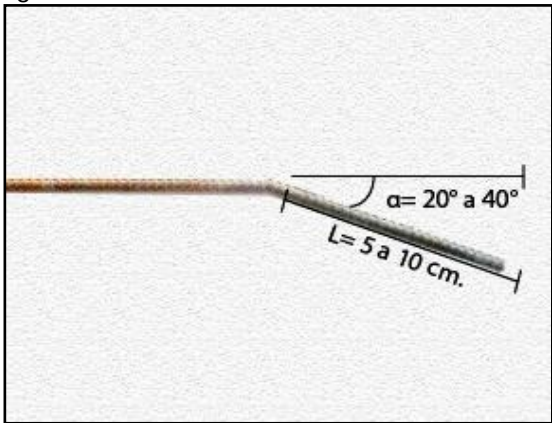
Se resume en 2 pasos:

- Construcción de la válvula de ímpetu o impulso.
- .Instalación de los accesorios.

1.2.1. Construcción de la válvula de ímpetu o impulso.

Para la construcción se utiliza válvulas de motor recicladas con la finalidad de abaratar costos y facilitar el trabajo.

1.	Válvula de motor de carro, que permita acoplarse al diámetro interno de la tubería.	Figura 1. Válvula de carro. 
2.	Varilla lisa de Φ 10 de (60 a 65) cm de longitud.	Figura 2. Varilla lisa. 

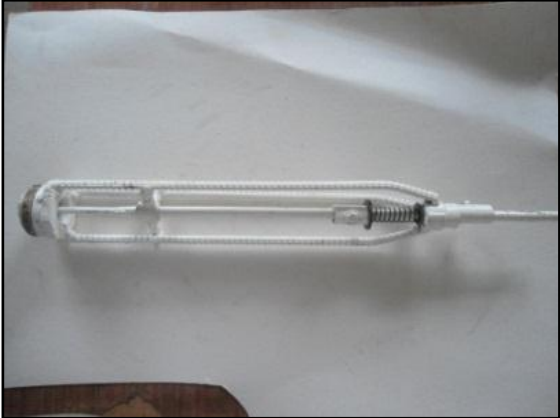
3.	Para el pistón, soldar la válvula de carro con la varilla lisa de 65 cm.	Figura 3. Soldar el pistón. 
4.	4 varillas Φ 12 de (40 a 45) cm,	Figura 4. Varilla Φ 12 mm. 
5.	Doblar un extremo de la varilla de (20^0 a 40^0) y la longitud debe estar entre (5 a 10) cm. Estas medidas están en función de la longitud de la varilla.	Figura 5. Doblez de la varilla. 

6.	Construir la estructura del pistón: utilizar como base la reducción bushing de 2 a 1" y en la parte superior una reducción de 1 a ½"; las varillas con su respectiva doblez, se debe centrar tanto como sea posible y soldar.	Figura 6. Construir la estructura del pistón. 
7.	Soldar la guía para evitar movimientos no lineales y por ende el mal funcionamiento del pistón. La cual se compone de los siguientes elementos: 5 cm de tubería HG ½ " y 4 varillas Φ 12 de 5 cm.	Figura 7. Soldar la guía. 
8.	La estructura del pistón, una vez realizado los pasos correspondientes.	Figura 8. Trípode listo. 

9.	Elaborar un adaptador que está compuesto por un pedazo de tubería 5 cm de HG de $\frac{1}{2}$", a la cual se incrustar una tuerca, el objetivo del presente es asegurar la cimbra en el pistón.	Figura 9. Adaptador. 
10.	Para evitar fugas entre el pistón y la reducción bushing se procede a desgastar utilizando el taladro y colocando arena entre las superficies de contacto.	Figura 10. Desgaste de la superficies de contacto. 
11.	En caso de existir fugas se debe colocar un molde de caucho en la superficie de contacto entre el pistón y la reducción bushing.	Figura 11. Colocar del molde de caucho. 

1.2.2. Instalación de la válvula de ímpetu o impulso.

El procedimiento de instalación de la válvula es similar para los arietes de mayor diámetro. El pistón debe tener un juego máximo de 2 cm.

12.	Colocar el pistón en la estructura hasta la guía para posteriormente colocar los siguientes elementos de forma consecutiva: • El adaptador. • Arandela. • Cimbra. • Arandela. Luego el pistón debe atravesar completamente la estructura, para colocar el siguiente adaptador en la parte superior del trípode y ajustarlo.	Figura 12. Instalación de la valvula de pistón. 
-----	---	---

1.2.3. Instalación de los accesorios.

La instalación de los siguientes accesorios se va realizando de manera ordenada y cumpliendo el principio de telescopia. Todos los accesorios deben ser de HG.

13.	El primer paso: Instalar los siguientes accesorios en forma sucesiva: • Niple de 2". • Tee de HG de 2", la cual lleva el nombre de caja de válvulas. • Válvula de bola de 2" en caso de requerirse.	Figura 13. Instalacion de accesorios HG para la caja de valvulas. 
14.	Colocar un niple de HG de 2" y la reducción de 2 a 1 ½" al otro extremo de la válvula de bola.	Figura 14. Instalacion de accesorios HG. 
15.	Instalar un niple HG de 1 ½", se instala la reducción de 1 ½ a 1".	Figura 15. Instalacion de accesorios HG. 

16.	Colocar un neplo de 1" de HG e instalar la válvula check de 1".	Figura 16. Instalacion de la valvula check. 
17.	Instalar una tee de HG de 2" con salida a ¾".	Figura 17. Instalación de la tee de HG 
18.	Instalar una reducción de 1 a ½" en el sentido de flujo para la tubería de descarga, a través de un neplo de 1". Además se debe anexar un neplo de PVC de ½" a la que se le colocara la tubería de descarga.	Figura 18. Instalar la tuberia de descarga. 

19.	Una vez terminada la instalación de los accesorios, utilizando una tubería de $\frac{3}{4}$ " se procede a instalar un bolla de 300 cm ³ para válvula de aire.	Figura 19. Colocacion de la botella. 
-----	---	---

1.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El funcionamiento de la bomba es automática, se requiere el control de los mecanismos del equipo, ajustando la válvula de impulso, de los ciclos por unidad de tiempo, generalmente esta puede variar de (50 a 250) ciclos por minuto, cuanto más rápida sea, menor es la cantidad de agua elevada y desperdiciada en la operación.

El mantenimiento se reduce a asegurar que el agua fluya sin suciedades, el agua turbia no impide su funcionamiento, pero se debe controlar las arenas evitando su ingreso al equipo, asimismo proteger la captación y la estructura de la bomba contra crecidas en época de lluvias.

Tabla 37. Principales actividades de Operación y Mantenimiento.

Actividad	Acciones
Verificación de posición	Revisar la ubicación de la bomba y verificar algún desplazamiento por efectos de la vibración.
Verificación de desgaste	Se deberá verificar si hay desgaste en las piezas.
Registro de Información	En el libro de registro diario verificar el caudal normal de bombeo.
Verificación del número de ciclos	Verificar el número de ciclos de funcionamiento de la bomba, como se ha determinado originalmente.
Limpieza	Limpiar la estructura donde está instalada la bomba, especialmente en la toma, para evitar el ingreso de sólidos flotantes. Mantener libre de obstrucciones y de arena la entrada de agua.
Cambio de empaque	Cada 6 meses realizar un recambio de la goma del empaque.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

2. AEROBOMBA.

Presentar el manual de construcción paso a paso del aerobomba cuyo funcionamiento se basa aprovechamiento de la energía eólica..

2.1. MATERIALES.

Tabla 38. Materiales del aerobomba.

Nro	DESCRIPCION
1	Tubería HG de 4"
2	Rulimanes de 10 cm de diámetro.
3	Tubería HG de 2"
4	Tubería HG de 1 1/4"
5	Tubería HG de 1"
6	Tubería HG de 1/2"
7	Varilla lisa $\varnothing$ 12 mm 0.05 m
8	Rulimanes de 5 cm de diámetro.
9	Tubería estructura rectangular de 2 x 1" x1.5 mm.
10	Tubo estructural cuadrado de 1" x1.2 mm .
11	Plancha galvanizada de 1/32x0.70
12	Tuerca de 1 1/4 "
13	Varilla corrugada $\varnothing$ 10 mm
14	Suelda
15	Pintura anticorrosiva color negro
16	Diluyente

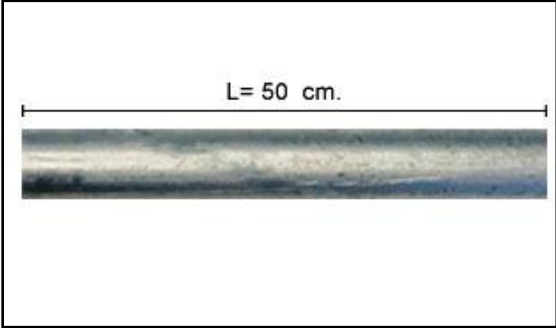
2.2. CONSTRUCCIÓN.

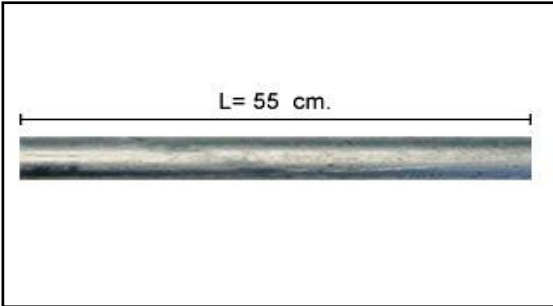
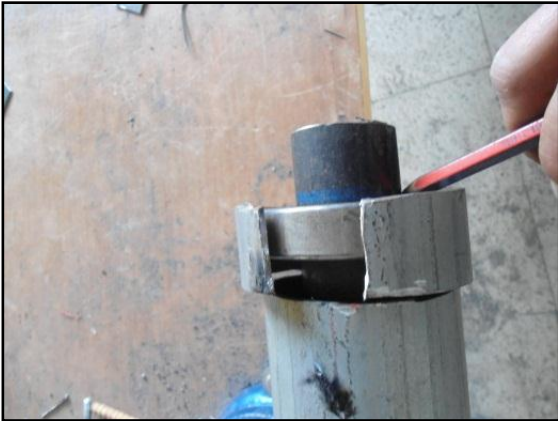
Se realiza en los siguientes pasos:

- Eje rotor.
- Sistema giratorio.
- Brazo o palanca.
- De la leva.
- Sistema de orientación.
- Las aspas.
- El trípode y base de sujeción.

2.2.1. Construcción del eje rotor.

Para construcción respectiva es necesario contar con rulimanes de 10 cm de diámetro.

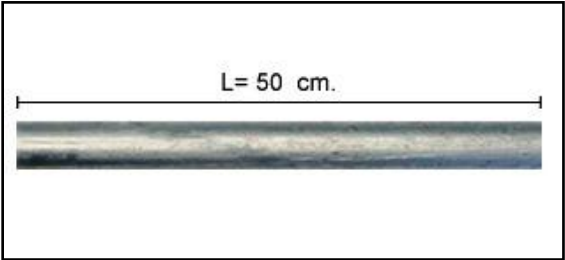
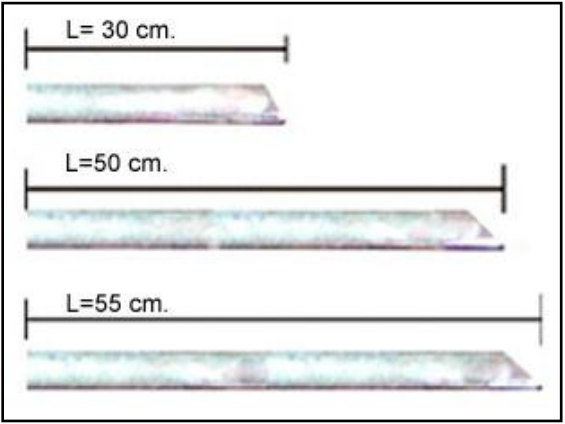
1.	1 tubería HG de 4" de una longitud de 50 cm. Las longitudes pueden variar entre (30 a 50) cm. Esta tubería es el encamisado del eje rotor o caja de engranaje.	Figura 1. Tubería de 4" HG. 
2.	Cuando el ruliman tiene diámetros mayores o menores al de la camisa, realizar un cortar transversal a la tubería de 50 cm. Por seguridad este debe ser del ancho del ruliman más 1 cm en cada extremo. Para la construcción de este molino se asume 3 cm.	Figura 2. Corte transversales. 

3.	Cortar en forma longitudinal hasta el corte transversal con la finalidad que el ruliman encaje perfectamente en la camisa del eje rotor.	Figura 3. Corte longitudinal y encaje para el ruliman. 
4.	1 tubería HG de 2" de 55 cm de longitud.	Figura 4. Tubería HG 2". 
5.	En caso de no ajustar la tubería de 2" de 55 cm en el diámetro interno del ruliman. Señalar y rellenar la tubería con solda con el objetivo de ajustar perfectamente y evitar el movimiento.	Figura 5. Señalar y rellenar. 

6.	Para reforzar la tubería de 2". Colocar, soldar en el interior una tubería de 1 ¼" de 65 cm de longitud con rosca en los extremos.	Figura 6. Reforzar la tubería de 2". 
7.	Para fijar e impedir el movimiento entre el ruliman y la camisa del eje rotor, soldar recortes de acero de 3 x 5 cm con orificios, en las aberturas longitudinal de la camisa y utilizar tornillos de ajuste. Esto permite asegurar y cambiar en caso de sufrir algún daño.	Figura 7. Soldar los recortes. 

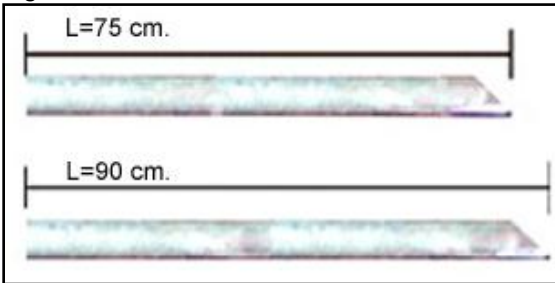
2.2.2. Construcción del sistema giratorio.

Una vez culminado con el eje rotor del molino de viento, se construye el sistema giratorio, teniendo en cuenta que el eje horizontal de rotor debe ser excéntrico al eje vertical.

8.	1 tubo de HG de 2" con longitud de 50 cm, este se coloca en forma vertical y será la base del sistema giratorio a la que se fijara el eje rotor.	Figura 8. Tubería HG 2". 
9.	3 tuberías HG de 1" de 30, 50, 55 cm para asegurar la caja de engranajes.	Figura 9. Tuberías HG 1". 

10.	Soldar el tubo de 30 cm en la tubería vertical de la base del sistema giratorio, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: La camisa del eje rotor debe formar un ángulo de 90^0 con la tubería vertical con una separación lateral y hacia adelante de 10 cm. (Anexo, planos).	Figura 10. Ubicación de la camisa 
11.	Soldar la tubería de 55 cm, esta debe ir a 5 cm de la base en la tubería vertical hacia la parte baja de la camisa del eje rotor.	Figura 11. Refuerzo de la camisa. 
12.	Soldar la tubería de 50 cm desde 1/3 de la parte superior de la tubería vertical hasta la camisa del rotor.	Figura 12. Refuerzo de la camisa a 1/3. 

2.2.3. Construcción de brazo o palanca.

13.	Cortar 2 tubos de HG de $\frac{1}{2}$", con las siguientes dimensiones 75 y 90 cm.	Figura 13. Tuberías cortadas. 
14.	Soldar el tubo de 90 cm, que se llama brazo estático y cumple la función de sostener a la guía. La guía es una varilla lisa $\varnothing 12$ mm de 5 cm en el extremo superior del brazo, debe ser paralela al eje rotor. La base del brazo está colocada a una distancia de 20 cm medidos perpendicularmente desde la parte posterior de la caja de la camisa, mientras el extremo superior se debe ubicar con dirección hacia el centro del sistema giratorio, a una distancia horizontal 75 cm. (Figura 15.1.)	Figura 14. Brazo estático. 

15. Para construir el brazo o palanca se realizan tres articulaciones en la tubería de 75 cm de $\frac{1}{2}$ ":

a) La primera articulación se realizara en él un extremo de la tubería, esta articulación se coloca en el brazo estático.

b) La segunda articulación se situará en la intersección del eje rotor y la palanca y será la encargada de transmitir el movimiento del sube y baja ocasionado por el brazo de la leva.

c) La tercera articulación se ubicara al otro extremo del brazo en la que se colocarán accesorios u otros elementos que se instalará la bomba.

Figura 15. Vista en planta y dimensiones del brazo o palanca.

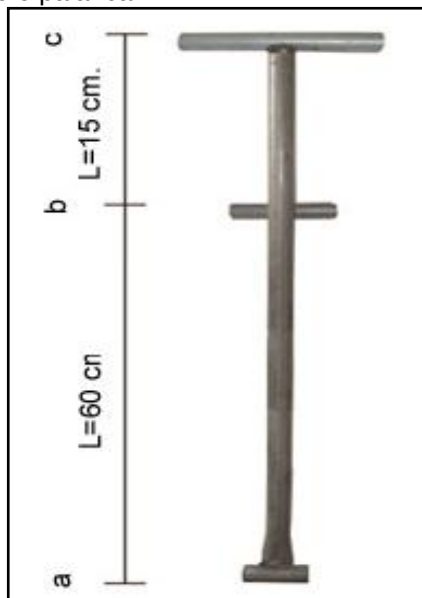
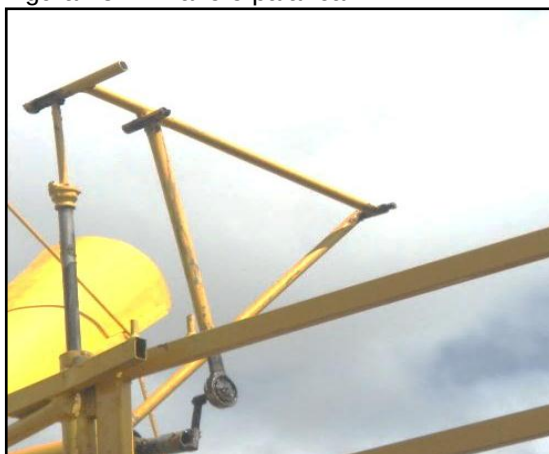


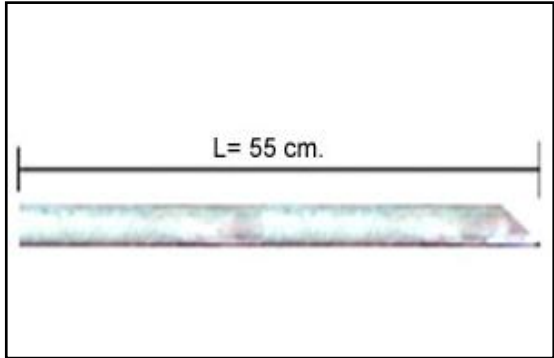
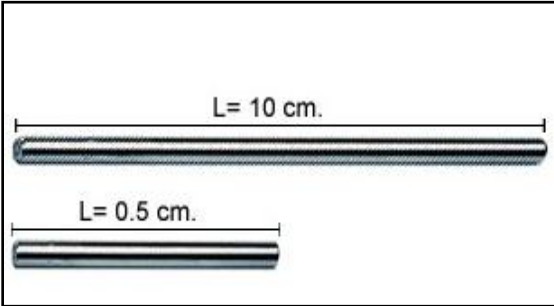
Figura 15.1. Brazo o palanca.



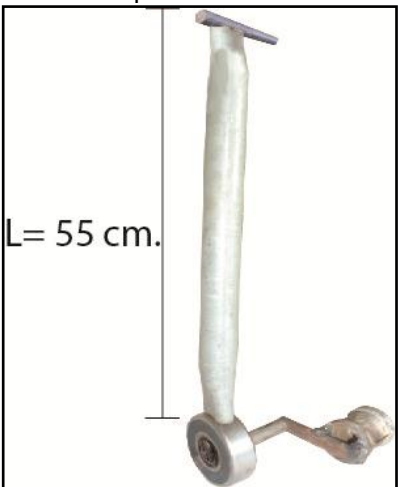
2.2.4. Construcción de la leva.

Este componente es el encargado de convertir el movimiento rotacional en lineal.

Para construir la leva se utilizará 1 ruliman de 6 cm de diámetro y 1 unión de 1¼" HG.

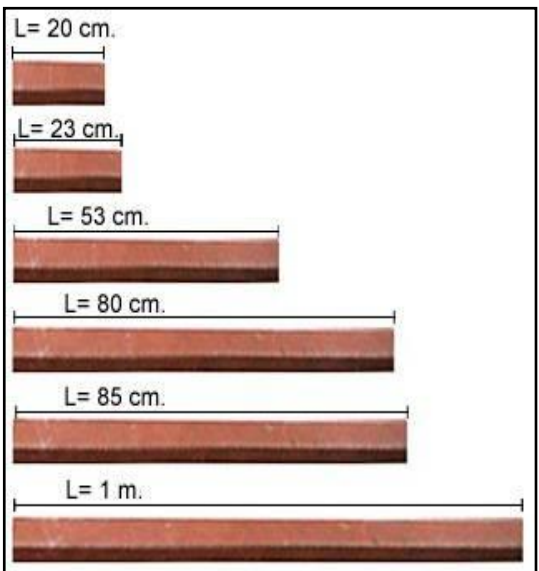
16.	1 tubería HG de ½" de 55 cm.	Figura 16. Corte de tubería HG de ½". 
17.	De la varilla lisa Ø 12 mm se cortan pedazos con las siguientes dimensiones : 1 de 10 cm y 1 de 5 cm.	Figura 17. Varilla Ø 12. 
18.	Soldar la varilla de 10 cm en la unión de HG de 1 ¼".	Figura 18. Guía del brazo o palanca. 

19.	Soldar la varilla de 5 cm con en el centro del ruliman.	Figura 19. Soldar el ruliman. 
20.	Para construir la leva, se debe soldar la pieza constituida por la unión de HG y la varilla de 10 cm con la compuesta por el ruliman y la varilla de 5 cm, y formar un ángulo de 90° .	Figura 20. Unión de las piezas. 
21.	El brazo de la leva se construye soldando la tubería de 55 cm con la parte externa del ruliman.	Figura 21. Fijado del brazo de la leva. 

21.	Para culminar la construcción del brazo, soldar en el extremo del tubo de 55 cm la varilla de 5 cm, la cual se une a la a la segunda articulación del brazo.	Figura 18. Varilla para articulación.. 
-----	---	--

2.2.5. Construcción del sistema de orientación.

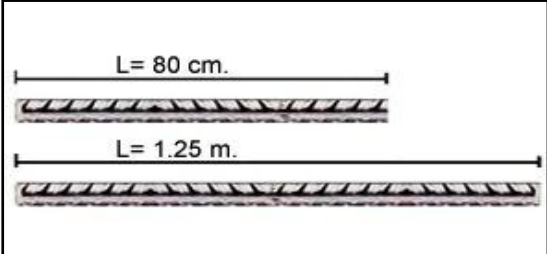
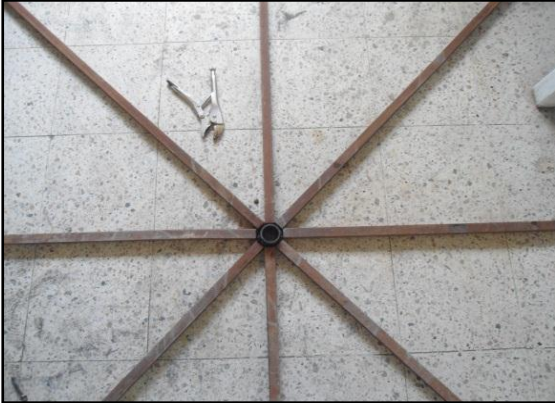
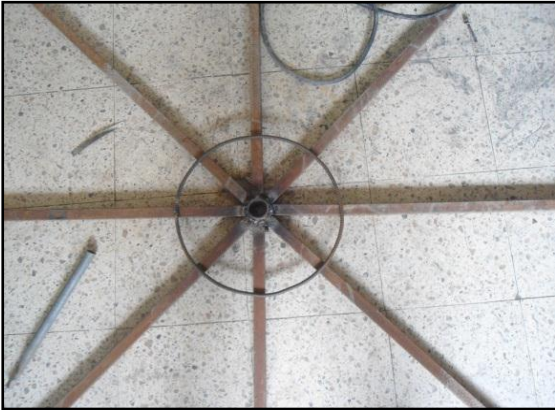
Es el mecanismo encargado de ubicar de frente al viento de manera que capturen la máxima energía del viento.

22.	Cortar el tubo estructural rectangular de 2 x 1" por 1.5 mm de espesor en las siguientes dimensiones: • 2 de 20 cm. • 1 de 23 cm. • 1 de 53 cm. • 1 de 80 cm. • 2 de 85 cm. • 2 de 1,00 m.	Figura 22. Tubo estructural rectangular 
-----	--	---

23.	Cortar 1 pedazo de plancha galvanizada 1/32 x 0.70 de las siguientes dimensiones. Base de mayor = 90 cm. Base menor = 30 cm. Altura = 80 cm.	Figura 23. Plancha galvanizada. 
24.	Soldar la estructura del sistema de orientación. (Anexo 6.3)	Figura 24. Soldar el sistema de orientación. 
25.	Remachar el pedazo de plancha galvanizada en la estructura de orientación.	Figura 25. Fijado del brazo de la leva. 

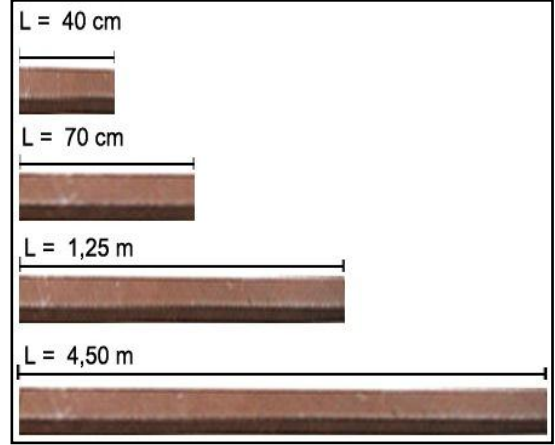
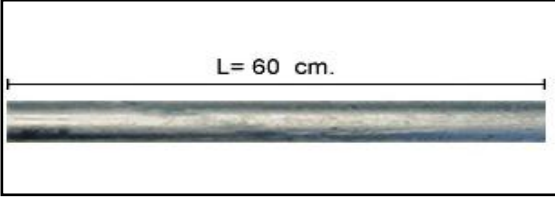
2.2.6. Construcción de las aspas.

26.	Utilizando perfil estructural de 2.5x2.5 cm por 1.2 de espesor, cortar 8 segmentos de tubería de 1.25 m.	Figura 26. Perfil 2.3 x2.3 cm. 
27.	Se corta un retazo de plancha galvanizada 1/32 x 0.70 de la dimensiones siguientes. Base de mayor = 40 cm Base menor = 20 cm Altura = 85 cm. A continuación procede a moldear dándole una forma cóncava.	Figura 27. Recorte de plancha galvanizada. 
28.	Conseguir una tuerca de 1 1/4".	Figura 28. Tuerca 1 1/4". 

29.	Recortar varilla corrugada θ 10 para refuerzo con las siguientes dimensiones. • 8 varillas de 80 cm. • 1 varilla 1,25 m y moldear en forma circular.	Figura 29. Perfil 2.3 x2.3 cm. 
30.	Soldar los perfiles estructurales de 1,25 m en la tuerca de 1 ¼" en forma radial. Y forman la estructura de las aspas.	Figura 30. Soldar los perfiles. 
31.	Soldar los refuerzos de la parte exterior e interior de las aspas. Las varillas de 80 cm a 1.05 y la circular a 20 cm de centro de las aspas	Figura 31. Soldar refuerzos. 

32.	Una vez que las planchas han adquirido la forma cóncava, se procede a remachar en la estructura de la aspa	Figura 32. Remachar las planchas. 
-----	---	---

2.2.7. Construcción del trípode y base de sujeción.

33.	Cortar el tubo estructural rectangular de 2 x 1" por 1.5 mm de espesor en las siguientes dimensiones: • 7 de 40 cm. • 3 de 70 cm. • 3 de 1,25 m. • 3 de 4,50 m.	Figura 33. Cortar el tubo rectangular. 
34.	Cortar una tubería metálica de 1 ¼" de 60 cm.	Figura 34. Tubería HG de 1 ¼". 

35.	Se procede a centrar y construir el trípode. Teniendo en cuenta que la tubería de 1¼" debe estar perfectamente vertical, empotrada 20 cm en el trípode. Seguidamente se debe soldar los refuerzos intermedios	Figura 35. Centrar el trípode. 
36.	Colocar la grada utilizando el estructural rectangular de 40 cm para las gradas de acceso.	Figura 36. Cortar el tubo rectangular. 
37.	Independientemente de la ubicación la base de sujeción debe ser de hormigón armado.	Figura 37. Cortar el tubo rectangular. 

Al finalizar el proceso de construcción de cada uno de los elementos, se debe proteger la estructura con pintura anticorrosiva.

2.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Este tipo de molino no consta de frenos automático para proteger al equipo contra fuertes vientos en vista que en el lugar de aplicación no superan los 8 m/s y varía repentinamente la velocidad del viento.

Todas las máquinas requieren de un mantenimiento adecuado para operar de una manera eficiente.

Tabla 39. Principales actividades de operación y mantenimiento.

Actividad	Acciones.
Engrase de los engranajes del rotor	Cada mes realizar el engrase los rulimanes.
Verificación del nivel del agua pozo	Observar que el pistón debe estar siempre sumergido en el agua, es conveniente mantener tapado para evitar su contaminación y evitar accidentes.
Verificación de funcionamiento pistones	Se debe verificar que el agua que se bombea sea uniforme, en caso contrario, se tiene el desgaste de los pistones, recomendándose cambiar el empaque de cuero, o cambiar el repuesto.
Estabilidad de la torre	Verificar los cimientos de las bases de las torres, reponer si es necesario o corregir.
Mantenimiento de la estructura	Es necesario limpiar y pintar la torre cada dos años de acuerdo al medio ambiente.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

3. BOMBA DE PISTON.

El objetivo es presentar el manual de construcción de la bomba de pistón.

3.1. MATERIALES.

Tabla 40. Tabla de Materiales de la bomba de piston.

No	DESCRIPCION.
1	Tubería PVC roscable de 1/".
2	Tubería PVC roscable de 3/4".
3	Bolitas de cristal.
4	Tee de PVC roscable de 1/2".
5	Tubería PVC de 32x1.5mm.
6	Caucho o goma de llanta.
7	Neplos de tubería PVC roscable de 1/2".

3.2. CONSTRUCCIÓN.

La construcción del molino de viento se realiza en los siguientes pasos:

- Elaboración de los moldes
- Válvula de pie.
- Válvula de pistón.
- Agarrador

3.2.1. Construcción de los moldes.

1.	Para agilizar la elaboración de este tipo de bombas, construir moldes de ampliación y reducción de tubería PVC roscable con una longitud de 25 cm y evitar imperfecciones. Molde de reducción: Utilizando una tubería de $\frac{3}{4}$" para reducir el diámetro de la tubería de $\frac{1}{2}$". Molde de ampliación: Con una tubería de $\frac{1}{2}$" para ampliar el diámetro de $\frac{3}{4}$ "	Figura 1. Molde de ampliación y reducción. 
2.	Colocar aceite en los moldes antes de efectuar cualquier labor de ampliación o reducción, esto facilita el trabajo.	Figura 2. Colocación del aceite. 

3.2.2. Construcción de la válvula de pie.

En este tipo de trabajo se debe contar con 2 llaves para tubo y un recipiente de agua para enfriar el moldeado en caso de requerirlo.

3.	Cortar 1 m de la tubería de $\frac{3}{4}$ " roscable, y proceder a calentar hasta se torne maleable.	Figura 3. Calentar la tubería. 
4.	Ampliar 5 cm de tubería de $\frac{3}{4}$ " en el molde de $\frac{1}{2}$ ". A continuación cortar 10 cm la tubería moldeada incluyendo los 5 cm de molde. Adicional a esto corta 10 cm de tubería de $\frac{1}{2}$ ".	Figura 4. Ampliar el diámetro. 
5.	Calentar en extremo de la tubería de 10 cm de $\frac{1}{2}$ " y utilizando una bolita de cristal pequeña moldear el extremo caliente, con la finalidad evitar pérdidas en el caudal.	Figura 5. Moldeado con la bolita. 

6.	Elaborar pasadores de tubería, estos se construyen de las sobranes, y tienen una longitud de 5 cm.	Figura 6. Pasador de tubería. 
7.	Utilizando la tubería ampliada de $\frac{3}{4}$", la de $\frac{1}{2}$" moldeada con su respectiva bolita de cristal. Simular la instalación y dejar un espaciamiento de 2 cm para la bolita de cristal con la finalidad de permitir el ingreso del líquido.	Figura 7. Colocar el pasador. 
8.	Perforar la tubería $\frac{3}{4}$" para colocar el pasador, este proceso se realiza utilizando un clavo de acero caliente sostenido por un alicate de presión.	Figura 8. Perforar la tubería. 

9.	Concluida la perforación, inmediatamente se procede a colocar el pasador, se debe tener cuidado que la parte más delgada este en sentido de circulación del flujo.	Figura 9. Colocar el clavo. 
10.	Ensamblar las piezas de la válvula de pie.	Figura 10. Ensamblar la válvula de pie. 
11.	Cortar 25 cm de tubería PVC de 32 x 1.5 mm	Figura 11. Tubería PVC. 

12.	Calentar un extremo de la tubería 25 cm de PVC de 32 mm.	Figura 12. Tubería PVC. 
13.	Acoplar la tubería de 32 mm a la válvula de pie.	Figura 13. Acoplar la tubería PVC a la válvula. 
14.	Calentar el otro extremo de la tubería de 32 mm con la válvula de pie incluida.	Figura 14. Calentar la tubería de válvula. 

15.	Moldear la campana, esto a su vez servirá de unión con el cilindro de la bomba.	Figura 15. Moldear la campana de la válvula. 
-----	--	--

3.2.3. Construcción de la válvula de pistón.

16.	Cortar 1 m de la tubería de $\frac{1}{2}$" roscable, y proceder a calentar hasta se torne maleable.	Figura 16. Calentar la tubería $\frac{1}{2}$ " 
17.	Reducir 5 cm de tubería de $\frac{1}{2}$" en el molde de $\frac{3}{4}$". A continuación cortar 10 cm la tubería moldeada incluyendo los 5 cm de molde.	Figura 17. Reducir el diámetro. 

18.	Adicional a esto corta 10 cm de tubería de $\frac{3}{4}$ ".	Figura 18. Tubería de $\frac{3}{4}$". 
19.	Calentar en extremo reducido de la tubería de 10 cm de $\frac{1}{2}$ " y utilizando una bolita de cristal pequeña moldear, con la finalidad evitar pérdidas en el caudal.	Figura 19. Moldeado de la tubería. 
20.	Elaborar pasadores de tubería, estos se construyen de las sobrantes con una longitud de 5 cm.	Figura 20. Pasador de tubería. 

21.	Elaborar 2 anillos: Anillo de tubería PVC: De la tubería de $\frac{3}{4}$" cortar una longitud de 0,5 cm. Anillo de caucho: De las llantas recicladas cortar, utilizando como molde el extremo reducido de la tubería de $\frac{1}{2}$" y la parte externa la tubería PVC de 32 mm.	Figura 21. Elaborar los anillos. 
22.	Utilizando la tubería de $\frac{1}{2}$" reducida y moldeada, la de $\frac{3}{4}$" de 10 cm, los anillos y la bolita, simular la instalación y dejar un espaciado de 2 cm para la bolita de cristal con la finalidad de permitir el ingreso del líquido.	Figura 22. Señalar el orificio del pasador. 
23.	Perforar la tubería $\frac{3}{4}$" para colocar el pasador, este proceso se realiza utilizando un clavo de acero caliente sostenido por un alicate de presión.	Figura 23. Perforar la tubería. 

24.	Colocar el pasador y tener cuidado que la parte más delgada este en sentido de circulación del flujo.	Figura 24. Colocar el clavo. 
25.	Ensamblar las piezas de la válvula de pistón.	Figura 25. Ensamblar la válvula de pistón. 
26.	Envolver el pistón con boyas y evitar su expansión por el calor al momento de realiza la rosca.	Figura 26. Envoltura con boya. 

27.	Utilizando una tubería caliente de acero o HG, hacer la rosca en el interior en la válvula de pistón.	Figura 27. Elaborar de la rosca. 
-----	---	---

3.2.4. Construcción del agarrador

28.	Utilizando una tee, dos neoplos de 10 cm y un tapón de tubería PVC de 1/2".	Figura 28. Elaborar del agarrador. 
-----	---	--

Instalación de los elementos.

29.	Cortar la tubería de $\frac{1}{2}$" de PVC roscable 1,5 m, la dimensión está en función de la profundidad del pozo de bombeo, luego instalar con el agarrador y la válvula de pistón.	Figura 29. Elaborar el agarrador. 
30.	Cortar la tubería de PVC de 32 x 1.5 mm de 1,70 m, la dimensión depende de la tubería de $\frac{1}{2}$" más 20 cm, luego colocar con la válvula de pie.	Figura 30. Elaborar el agarrador. 

3.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Las piezas que requieren mayor mantenimiento: empaquetadura de la válvula de pistón, la válvula de pistón, la válvula de pie.

El empaque de la bomba se debe cambiar cada vez que disminuya la presión de la bomba. La vida útil promedio de la bomba está en función del tipo de material que se utiliza y el número de usuarios, (promedio de 3 a 6 años).

Tabla 41. Principales actividades de Operación y mantenimiento.

Actividad	Acciones
Operación	La operación es sencilla, la acción es de subir y bajar el mango, sujetando con firmeza y en forma vertical, para que el desgaste sea uniforme.
Verificación de caudal	Hacer el aforo, para verificar si existe pérdida.
Cambio de accesorios o piezas.	La pieza que con frecuencia es cambiada es la empaquetadura de válvula de pistón, como también puede haber daño en la válvula de retención.
Reparación de la infraestructura	Reparar daños en la base y soporte de la bomba.
Disminución de caudal	Cambiar las piezas dañadas o desgastadas de la bomba.

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

4. CALEFON SOLAR CIRCUITO EN PARALELO.

El objetivo es presentar el manual de construcción del calefón solar circuito en paralelo cuyo funcionamiento se basa aprovechando de la radiación solar.

4.1. MATERIALES.

Tabla 42. Materiales del calefón solar circuito en paralelo.

No	DESCRIPCION
1	Botellas de vidrio de 450 ml, D= 65 mm.
2	Codos de PVC Roscable de 1/2".
3	Tee de PVC roscable de de 1/2"
4	Manguera flexible de 3/4"
5	Tubería PVC de 63x1.5 mm de 2.30 m.
6	Vidrio transparente de 4 mm
7	Plancha de acero galvanizado.
8	Remaches
9	Pintura anticorrosiva color negro
10	Silicona transparente en tubo.
11	Tubería PVC roscable 1/2" para agua caliente.
12	Diluyente
13	Tubo de hilo resistente
14	Alambre de amarre
15	Teflón
16	Cinta aislante

Fuente: El autor.

4.2. CONSTRUCCIÓN.

La construcción se realizará en las siguientes etapas:

- Corte de la botella de vidrio.
- Moldeado de la tubería.
- Instalación de accesorio y construcción del calefón.
- Elaboración del cajón.

4.2.1. Corte de la botella.

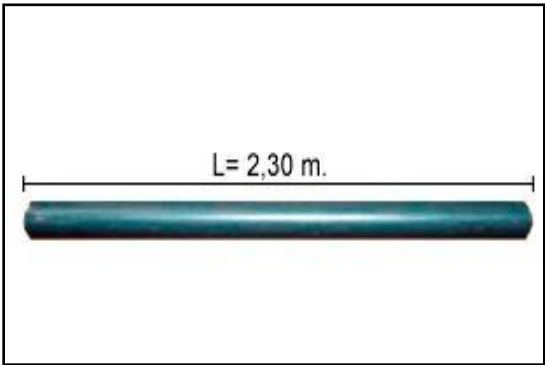
1.	Colocar el aceite en el recipiente y dejar hervir por un tiempo de (2 a 3) min, la cantidad de aceite vegetal depende de: la capacidad del recipiente y a la altura a la que se desea cortar la botella. Se recomienda que el corte se realice a una altura máxima de 2 cm del fondo de la botella para evitar complicaciones al momento de realizar el mismo, alrededor del 10% de un lote de botellas se desechan por defecto de corte y fisuras.	Figura 1. Colocar el aceite en el recipiente. 
----	--	---

2.	Humedecer una franela. El cambio brusco y repentino de temperatura permite que el corte se realice.	Figura 2. Humedecer la franela. 
3.	Colocar la botella de vidrio en el recipiente por un lapso de tiempo entre (12 a 15) segundos o en ocasiones suena como si se trizara, esa es una señal para retirarla y evitar daños. Esta debe estar totalmente seca para impedir la rotura indeseada.	Figura 3. Colocar la botella en el recipiente. 
4.	Retirar la botella del recipiente y con la franela húmeda se cubre en la parte que está en contacto con el aceite. En el mismo instante se debe aplicar una pequeña fuerza en forma circular para obtener la botella cortada.	Figura 4. Corte de la botella 

5. Finalmente se obtiene el resultado del corte.	Figura 5. Resultado del corte de las botellas. 
---	--

4.2.2. Moldeado de la tubería.

Se recomienda longitudes menores a 2,50 m por lo encarecería los costos del cajón y dificultaría su ubicación. Cabe mencionar que el diámetro interno de la tubería debe ser menor al externo de la botella de vidrio.

6. Cortar la tubería 63 x 1.5 mm con una longitud de 2 m. Para este caso en particular se utiliza tuberías de 2,30 m.	Figura 6. Tubería PVC de 63 mm. 
--	---

7.	Utilizar una botella de similares características a las cortadas cubriendo con papel y en caso de ser necesario o para seguridad se utiliza cinta aislante.	Figura 7. Molde de ampliación. 
8.	Calentar la tubería de PVC 63 mm. Al realizar este procedimiento se debe tener en cuenta que la tubería no esté muy maleable para evitar daños o que dificulte el trabajo.	Figura 8. Calentar de la tubería 
9.	Calentar la tubería, moldear manteniendo en constante movimiento, así de esta manera evitar que se adhieran y dañar la tubería, para facilitar esta labor se debe cubrir con aceite el molde.	Figura 9. Moldear la tubería. 

10.	Para la instalación de estos componentes: Primero cubrir con pegamento la botella y colocar en la tubería moldeada. Finalmente calentar para que tienda a regresar a su estado original, en caso de ser necesario se puede complementar con el uso boya para ajustar de una mejor manera.	Figura 10. Colocar la botella en la tubería. 
11.	Para evitar las fugas entre la unión de la tubería y la botella de vidrio por efecto de la dilatación y contracción de la temperatura, utilizar 3 m de hilo resistente para envolver alrededor de la tubería.	Figura 11. Envoltura del hilo. 
12.	Con la finalidad de proteger al hilo que está expuesto al ambiente y evitar daños por efectos naturales, se cubre con cinta aislante, para no afectar su funcionamiento,	Figura 12. Proteger el hilo. 

4.2.3. Instalación de accesorio y construcción del calefón.

La instalación de los accesorios debe garantizar su correcto funcionamiento y evitar fugas de agua.

13.	Cortar 12 neplos de 5 cm de tubería de $\frac{1}{2}$" con rosca en toda su longitud. Esta dimensión depende principalmente del diámetro de la tubería moldeada que compone el circuito hidráulico.	Figura 13. Neplos con rosca total. 
14.	Cortar 14 neplos de 5 cm de tubería de $\frac{1}{2}$" con rosca en un extremo, que sirve para unir la botella con la entrada y salida del líquido.	Figura 14. Neplo con rosca parcial. 

Para terminar la construcción de este elemento se realiza la instalación de los accesorios. A continuación se describirá los accesorios en función del tipo de calefón.

15.	Este módulo comprende la instalación de la siguiente manera: Para la instalación, acoplar los accesorios utilizando los neplos con rosca en toda su longitud, mientras los que tiene en un solo extremo sirve para unir las botellas de entrada y de salida de cada uno de los tubos. Esta instalación garantiza que el líquido tenga longitudes similares de recorrido.	Figura 15. Instalar los accesorios. 
16.	Se corta 10 cm de manguera flexible de $\frac{3}{4}$" para acoplar el mecanismo comprendido por tuberías y botellas con los elementos compuestos por accesorios y neplos.	Figura 16. Manguera flexible. 
17	Calentar la tubería flexible y posteriormente embonar en la botella, este paso se debe realizar en los dos extremos del mecanismo.	Figura 17. Calentar la tubería. 

18.	Unir a través de manguera flexible el mecanismo de tuberías y botellas con el elemento comprendido por accesorios y neoplos.	Figura 18. Unión de los mecanismos. 
19.	Asegurar los componentes utilizando alambre de amarre, para evitar fugas de agua y daños por movimientos en la construcción o mantenimiento.	Figura 19. Asegurar los componentes. 
20.	Una vez realizado todas instalaciones de forma correcta se obtiene el calefón.	Figura 20. Resultado de la instalación. 

21.	Pintar de negro, por las características que tienen los colores oscuros para retener calor.	Figura 21. Pintar el calefón. 
22.	Finalmente se obtiene el circuito hidráulico del calefón instalado en paralelo.	Figura 22. Circuito hidráulico. 

4.2.4. Construcción del cajón.

La construcción está en función de las dimensiones del circuito hidráulico, se recomienda dejar 3 cm de espacio entre el circuito hidráulico y las paredes de la plancha para efectos de mantenimiento y facilidad de ubicación del circuito hidráulico.

23.	Corta la plancha de acuerdo a las medidas correspondientes. Distancia transversal 72 cm Distancia longitudinal 3,12 m.	Figura 23. Cortar la plancha. 
24.	Doblar la plancha: La longitud transversal con las siguientes dimensiones: • Ancho de 50 cm. • Altura de 10 cm. • Borde de 1 cm en la que se coloca el vidrio. La transversal con • Largo 2,90 m. • Alturas de 10 cm. • Borde de 1 cm en la que se coloca el vidrio.	Figura 24. Doblar la plancha. 

25.	En vista que no existe planchas con esas dimensiones se procede a remachar el cajón.	Figura 25. Remachar el cajón. 
26.	Con la finalidad de proteger y de retener el calor se pinta de color oscuro.	Figura 26. Pintar el cajón. 
27.	Colocar el circuito hidráulico en el cajón y realizar las conexiones de entrada y salida.	Figura 27. Colocar del circuito hidráulico en el cajón. 

28.	Para terminar el proceso constructivo y con la finalidad de convertir la radiación solar en energía calorífica colocar vidrio de 4 líneas, se debe evitar tapar completamente para permitir el ingreso de aire en pequeñas cantidades y evitar el empañamiento.	Figura 28. Calefón en paralelo. 
-----	---	---

4.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Las piezas no requieren de mantenimiento. Poner especial cuidado al momento de llenar el calefón evitando la acumulación del aire.

Tabla 43. Principales actividades de Operación y mantenimiento

Actividad	Acciones
Operación	No requiere ninguna labor de operación, mantener un cantidad de líquido disponible.
Limpieza del vidrio.	Se debe realizar cada 2 semanas, en vista que está expuesta al ambiente por ende existe acumulación de polvo u otras sustancias que opacan el vidrio.
Reparación de la infraestructura	Reparar daños del soporte del calefón.
Disminución de caudal	Purgar el aire del el interior del circuito hidráulico, abriendo las llaves de los puntos de consumo hasta no exista presencia en el líquido de salida.
Daños de accesorios.	En caso de existir fugas de agua, por algún elemento dañado es preferible cambiar.

5. CALEFON SOLAR CIRCUITO EN SERIE.

El objetivo es presentar el manual de construcción del calefón solar circuito en serie cuyo funcionamiento se basa aprovechamiento de la radiación solar.

5.1. MATERIALES.

Tabla 9. Principales actividades de Operación y mantenimiento

No	DESCRIPCION
1	Botellas de vidrio de 450 ml, D= 65 mm
2	Codos de PVC roscable de 1/2".
4	Manguera Flexible de 3/4".
5	Tubería PVC de 63x1.5 mm.
6	Vidrio transparente de 4 mm
7	Plancha de acero galvanizado
8	Remaches
9	Pintura anticorrosiva color negro
10	Silicona transparente en tubo.
11	Tubería PVC roscable 1/2"para agua caliente.
12	Diluyente
13	Tubo de hilo resistente
14	Alambre de amarre
15	Teflón
16	Cinta aislante

5.2. CONSTRUCCIÓN.

La construcción se realizará en las siguientes etapas:

- Corte de la botella de vidrio.
- Moldeado de la tubería.
- Instalación de accesorio y construcción del calefón.
- Elaboración del cajón.

5.2.1. Corte de la botella.

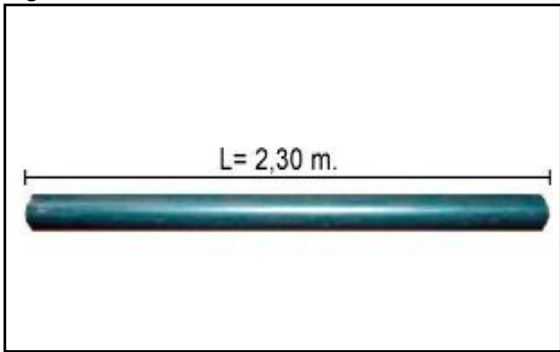
1. Colocar el aceite en el recipiente y dejar hervir por un tiempo de (2 a 3) minutos, la cantidad de aceite vegetal depende de: la capacidad del recipiente y a la altura a la que se desea cortar la botella. Se recomienda que el corte se realice a una altura máxima de 2 cm del fondo de la botella para evitar complicaciones al momento de realizar el mismo, alrededor del 10% de un lote de botellas se desechan por defecto de corte y fisuras.	Figura 1. Colocar el aceite en el recipiente. 
---	--

2.	Humedecer una franela. El cambio brusco y repentino de temperatura permite que el corte se realice.	Figura 2. Humedecer la franela. 
3.	Colocar la botella de vidrio en el recipiente por un lapso de tiempo entre (12 a 15) segundos o en ocasiones la botella suena como si se estuviera trisando, esa es una señal para retirarla y evitar daños. Esta debe estar totalmente seca para impedir la rotura indeseada.	Figura 3. Colocar la botella en el recipiente. 
4.	Retirar la botella del recipiente y con la franela húmeda se cubre en la parte que está en contacto con el aceite. En el mismo instante se debe aplicar una pequeña fuerza en forma circular para obtener la botella cortada.	Figura 4. Corte de la botella 

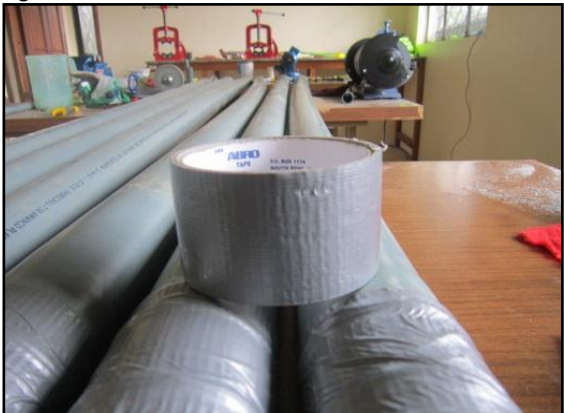
5.	Resultado del corte de botellas.	Figura 5. Resultado del corte de las botella. 
----	----------------------------------	--

5.2.2. Moldeado de la tubería.

Se recomienda longitudes menores a 2,50 m por lo encarecería los costos del cajón y dificultaría su ubicación. Cabe mencionar que el diámetro interno de la tubería debe ser menor al externo de la botella de vidrio.

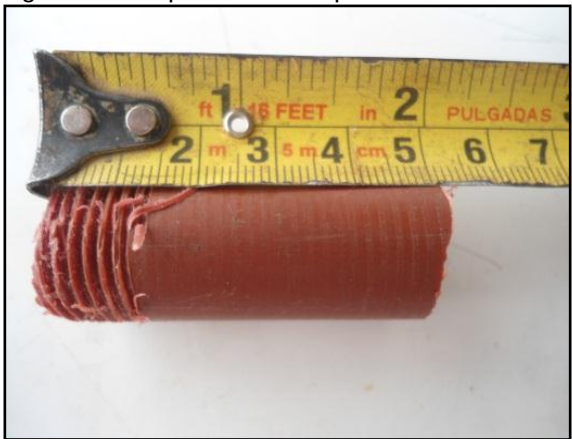
6.	Cortar la tubería 63 x 1.5 mm con una longitud de 2 m. Para este caso en particular se utiliza tuberías de 2,30 m.	Figura 6. Tubería PVC de 63 mm. 
----	--	--

7.	Realizar el molde ampliación, se utiliza una botella de similares características a las cortadas cubriendo con papel y en caso de ser necesario o para mayor seguridad se cubrirá con cinta aislante.	Figura 7. Molde de ampliación. 
8.	Calentar la tubería de PVC 63 mm. Al realizar este procedimiento se debe tener en cuenta que la tubería no esté muy maleable para evitar daños o viceversa que dificulte el trabajo.	Figura 8. Calentar de la tubería 
9.	Inmediatamente después de calentar la tubería, moldear manteniendo en constante movimiento, así de esta manera evitar que se adhieran y dañar la tubería, para facilitar esta labor se debe cubrir con aceite el molde.	Figura 9. Moldeado de la tubería. 

10.	Para la instalación de estos componentes: Primero cubrir con pegamento la botella y colocar en la tubería moldeada. Finalmente calentar para que tienda a regresar a su estado original, en caso de ser necesario se puede complementar con el uso boya para ajustar de una mejor manera.	Figura 10. Colocación de la botella en la tubería. 
11.	Para evitar las fugas entre la unión de la tubería y la botella de vidrio por efecto de la dilatación y contracción de la temperatura, utilizar 3 m de hilo resistente para envolver alrededor de la tubería.	Figura 11. Envoltura del hilo. 
12.	Con la finalidad de proteger al hilo que está expuesto al ambiente y evitar daños por efectos naturales, la cual puede afectar su funcionamiento, se cubre con cinta aislante.	Figura 12. Protección del hilo. 

5.2.3. Instalación de accesorio y construcción del calefón.

La instalación de los accesorios debe garantizar su correcto funcionamiento y evitar fugas de agua.

13.	Cortar 6 neplos de 5 cms de tubería de $\frac{1}{2}$" con rosca en toda su longitud. Esta dimensión depende principalmente del diámetro de la tubería moldeada que compone el circuito hidráulico.	Figura 13. Neplos con rosca total. 
14.	Cortar 12 neplos de 5 cm de tubería de $\frac{1}{2}$" con rosca en un extremo, que sirve para unir la botella con la entrada y salida del líquido.	Figura 14. Neplo con rosca parcial. 

Para terminar la construcción de este elemento se realiza la instalación de los accesorios. A continuación se describirá los accesorios en función del tipo de calefón.

15.	Este módulo comprende la instalación de la siguiente manera: Para instalar, se utiliza los neplos con rosca en toda su longitud, mientras los que tiene en un solo extremo sirve de conexión con las botellas de entrada y de salida de cada uno de los tubos. Esta instalación en serie permite que el líquido tenga diferentes distancias de recorrido.	Figura 15. Conexión en serie. 
16.	Se corta 10 cm de manguera flexible de $\frac{3}{4}$" que sirve para acoplar el mecanismo comprendido por tuberías y botellas con los elementos compuesto por accesorios y neplos.	Figura 16. Manguera flexible. 
17	Calentar la tubería flexible y posteriormente embonar en la botella, este paso se debe realizar en los dos extremos del mecanismo.	Figura 17. Calentar la tubería. 

18.	Unir a través de manguera flexible el mecanismo de tuberías y botellas con el elemento comprendido por accesorios y neplos.	Figura 18. Unión de los mecanismos. 
19.	Asegurar los componentes utilizando alambre de amarre, para evitar fugas de agua y daños por movimientos en la construcción, mantenimiento.	Figura 19. Asegurar los componentes. 
20.	Una vez realizado todas instalaciones de forma correcta se obtiene el calefón.	Figura 20. Resultado de la instalación. 

21.	A continuación se pinta de negro, por las características que tienen los colores oscuros para retener calor.	Figura 21. Pintar el calefón. 
22.	Finalmente se obtiene el circuito hidráulico del calefón instalado en serie.	Figura 22. Circuito hidráulico. 

5.2.4. Construcción del cajón.

La construcción está en función de las dimensiones del circuito hidráulico, se recomienda dejar 3 cm de espacio entre el circuito hidráulico y las paredes de la plancha para efectos de mantenimiento y facilidad de ubicación del circuito hidráulico.

23.	Cortar la plancha de acuerdo a las medidas correspondientes. Distancia transversal 72 cm Distancia longitudinal 3,12 m.	Figura 23. Cortar la plancha. 
24.	Doblar la plancha: La longitud transversal con las siguientes dimensiones: • Ancho de 50 cm. • Altura de 10 cm. • Borde de 1 cm en la que se coloca el vidrio. La transversal con • Largo 2,90 m. • Alturas de 10 cm. • Borde de 1 cm en la que se coloca el vidrio.	Figura 24. Doblar la plancha. 

25.	En vista que no existe planchas con esas dimensiones se procede a remachar el cajón.	Figura 25. Remachar el cajón. 
26.	Con la finalidad de proteger y de retener el calor se pinta de color oscuro.	Figura 26. Pintar el cajón. 
27.	Colocar el circuito hidráulico en el cajón y realizar las conexiones de entrada y salida.	Figura 27. Colocar el circuito hidráulico en el cajón. 

28.	Para terminar el proceso constructivo y con la finalidad de convertir la radiación solar en energía calorífica, colocar un vidrio de 4 líneas, no se debe tapar completamente para permitir el ingreso de aire en pequeñas cantidades y evitar el empañamiento.	Figura 28. Calefón en paralelo. 
-----	---	---

5.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Este tipo de tecnología no requiere de ningún tipo de operación. Poner especial cuidado al momento de llenar el calefón evitando la acumulación del aire.

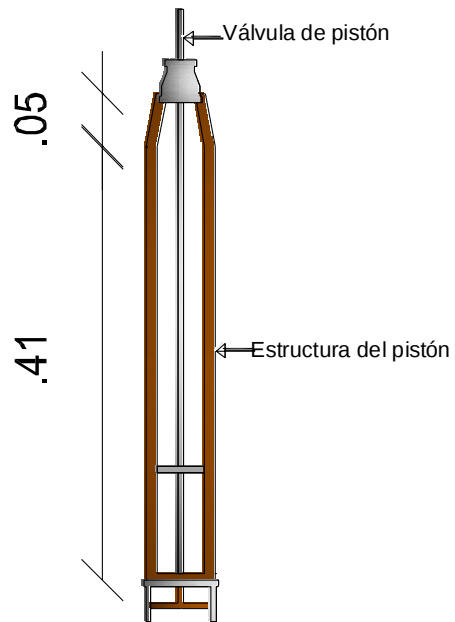
Tabla 10. Principales actividades de Operación y mantenimiento

Actividad	Acciones
Operación	No requiere ninguna labor de operación, siempre mantener el líquido disponible.
Limpieza del vidrio.	Se debe realizar cada 2 semanas, en vista que está expuesta al ambiente por ende existe acumulación de polvo u otras sustancias que opacan el vidrio.
Reparación de la infraestructura Disminución de caudal	Reparar daños del soporte del calefón. Purgar el aire del interior del circuito hidráulico, abriendo las llaves de los puntos de consumo hasta no exista presencia en el líquido de salida.
Daños de accesorios.	En caso de existir fugas de agua, por algún elemento dañado es preferible cambiar.

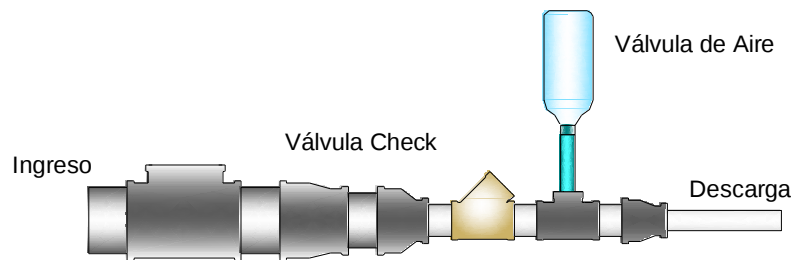
Nota: Todas las imágenes y cuadro que se encuentren sin la cita bibliografía son propiedad del autor.

ANEXO PLANOS.

ARIETE HIDRAULICO.

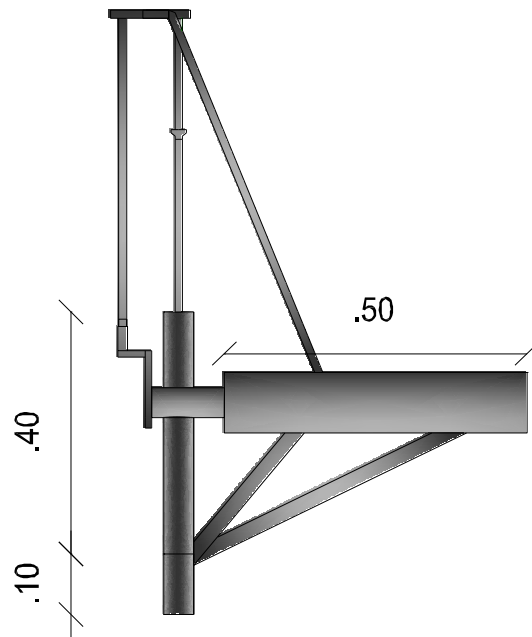


CORTE DE LA VÁLVULA DE PISTÓN.

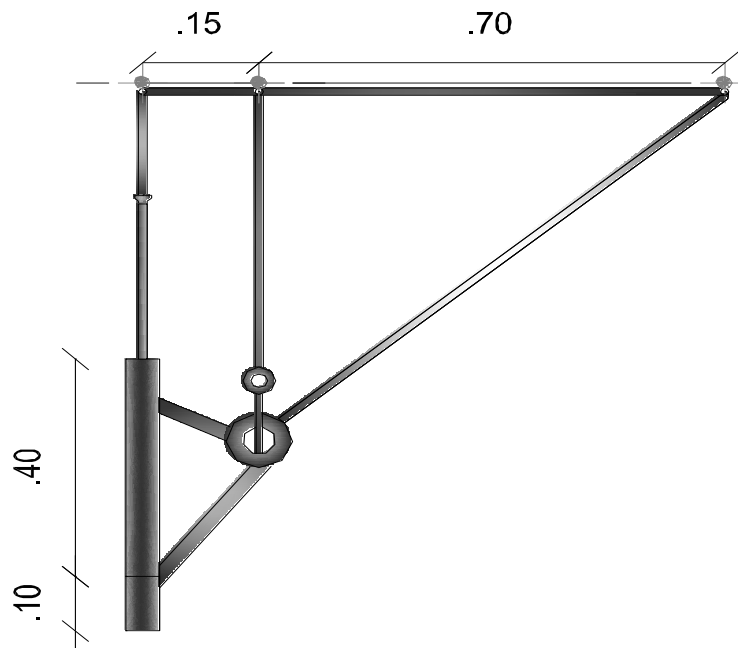


CUERPO DEL ARIETE.

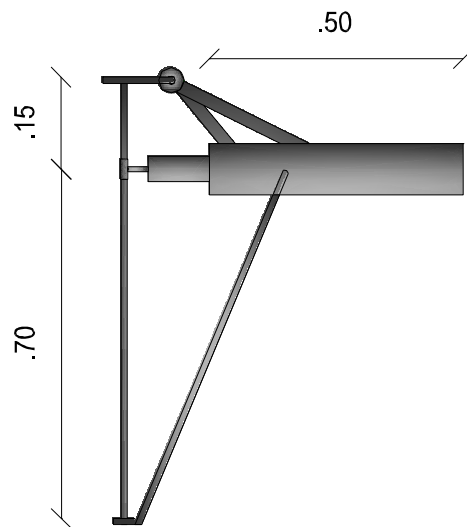
AEROBOMBA.



VISTA LATERAL DERECHA.

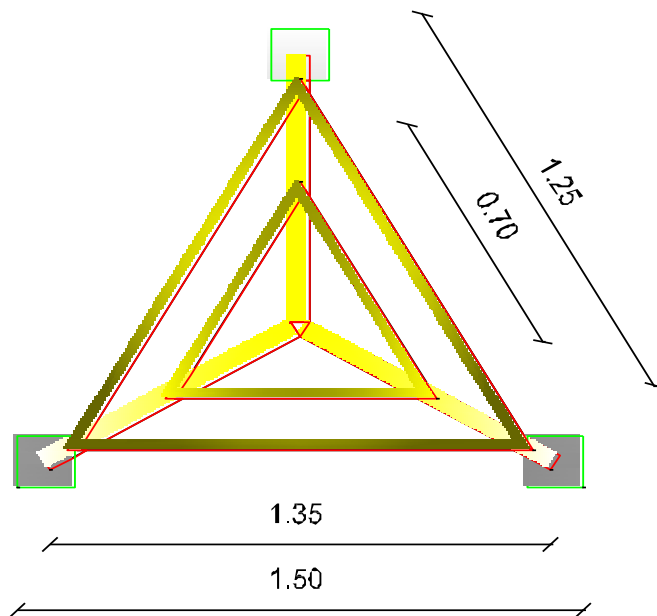


VISTA POSTERIOR.

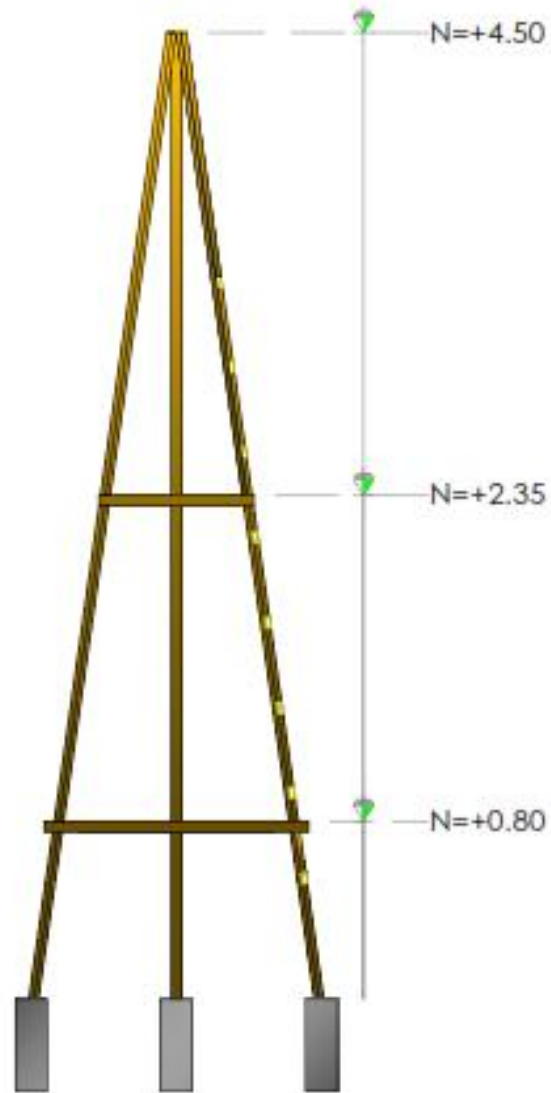


VISTA EN PLANTA.

TRIPODE.

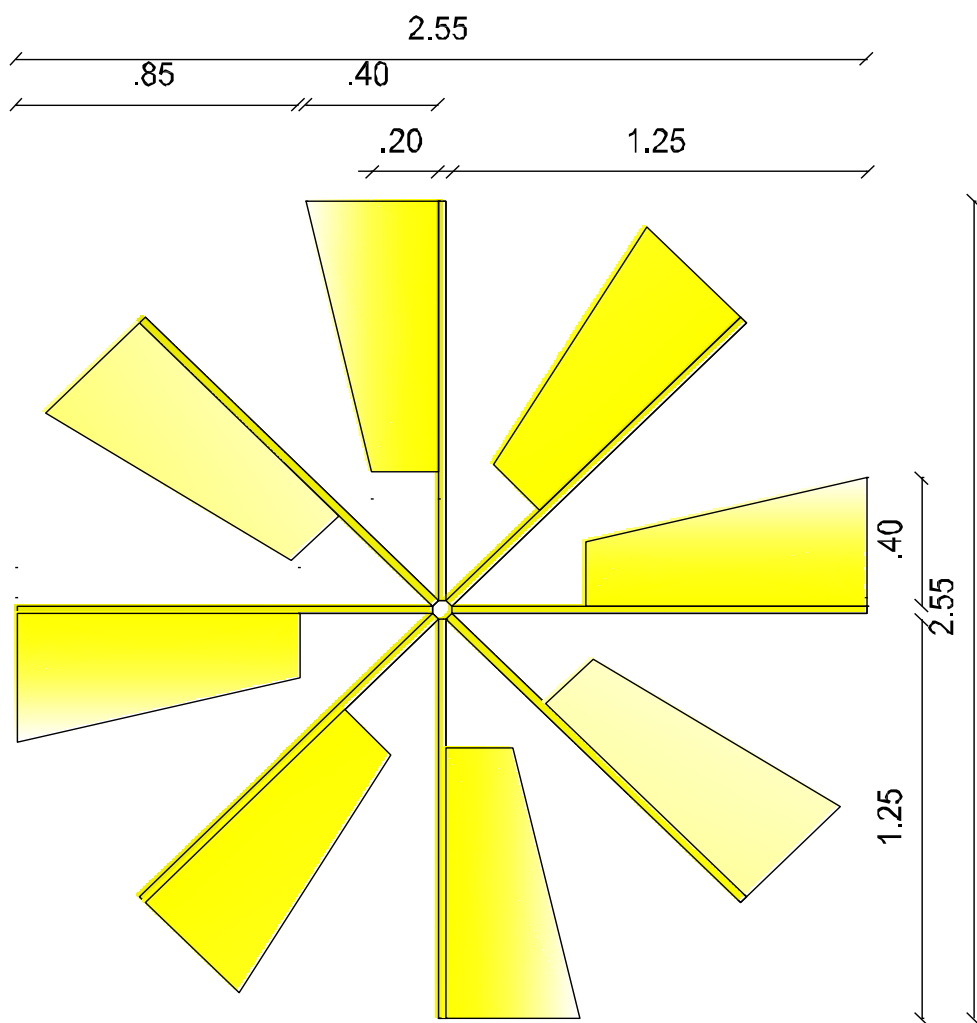


VISTA EN PLANTA DEL TRIPODE.

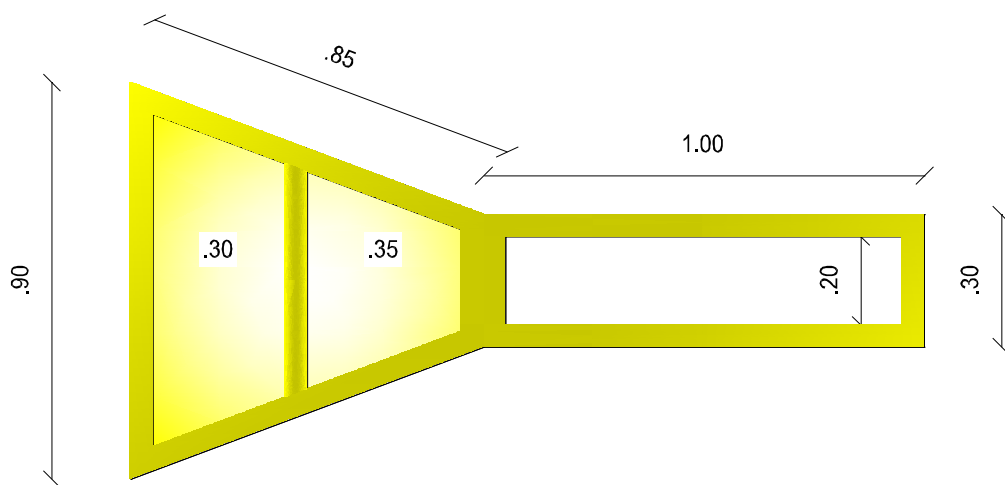


VISTA EN ALTURA DEL TRIPODE.

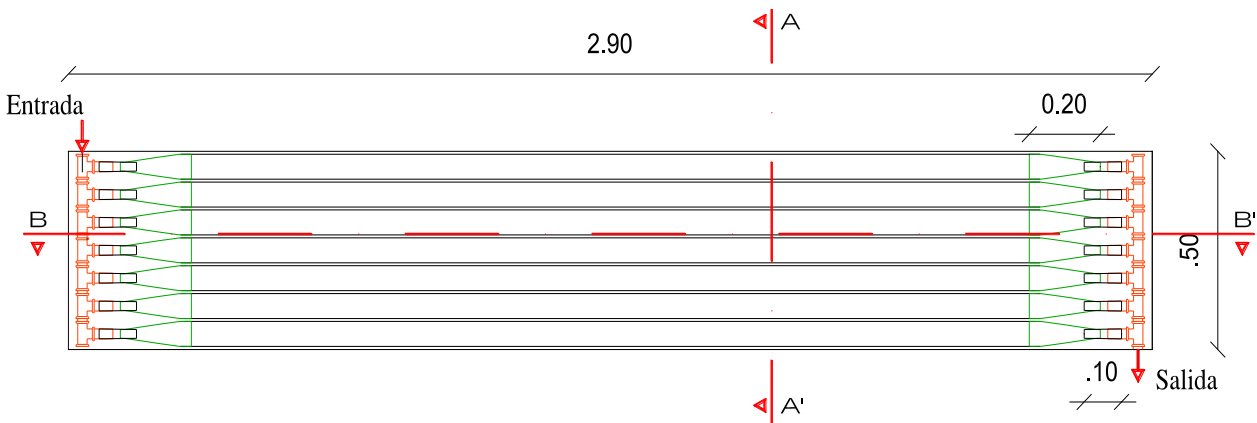
ASPAS.



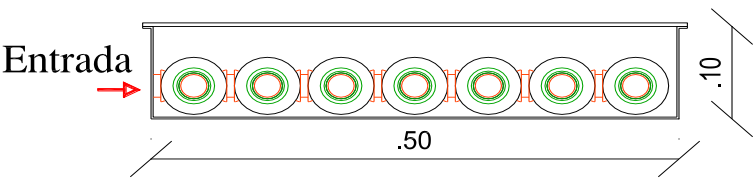
SISTEMA DE ORIENTACION.



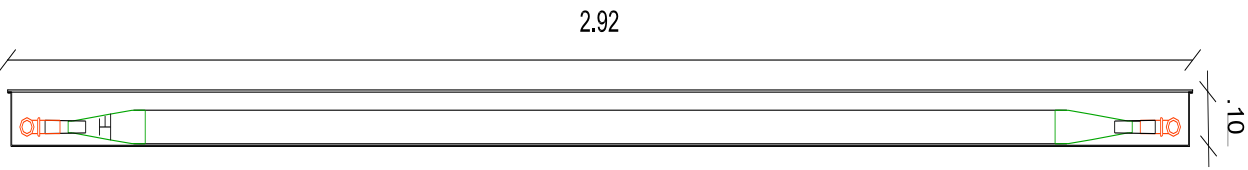
CALEFON CIRCUITO EN PARALELO



VISTA EN PLANTA.



CORTE A-A'

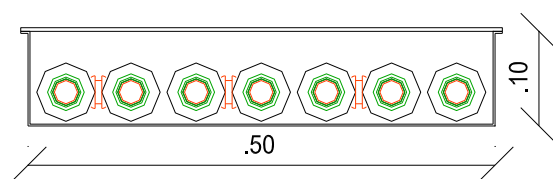


CORTE B - B'

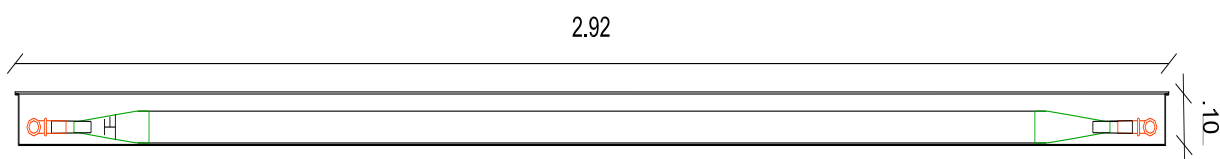
CALEFON CIRCUITO EN SERIE.



VISTA EN PLANTA.

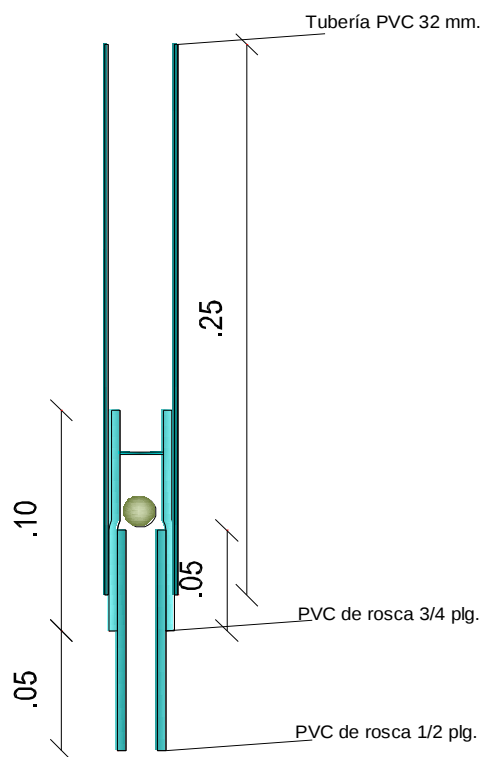


CORTE A-A'

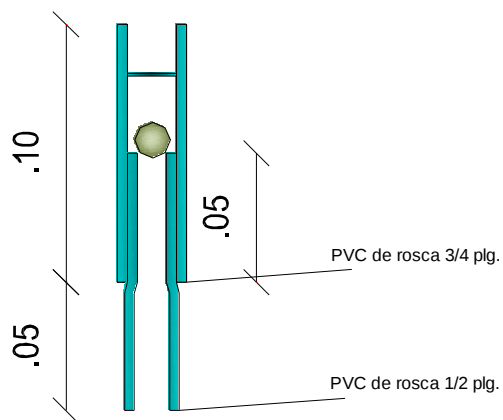


CORTE B - B'

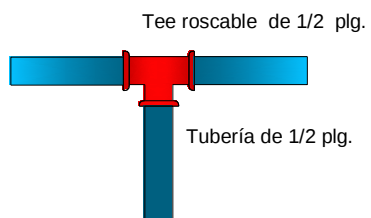
BOMBA DE PISTÓN EMAS.



CORTE DE LA VALVULA DE PIE.



CORTE DE LA VALVULA DE PISTON.



AGARRADOR.